

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-43354

(P2003-43354A)

(43) 公開日 平成15年2月13日 (2003.2.13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ-ト\* (参考)

G 0 2 B 15/16

G 0 2 B 15/16

2 H 0 8 7

17/08

17/08

A 2 H 1 0 1

G 0 3 B 17/17

G 0 3 B 17/17

5 C 0 2 2

H 0 4 N 5/225

H 0 4 N 5/225

D

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2002-131458 (P2002-131458)

(22) 出願日 平成14年5月7日 (2002.5.7)

(31) 優先権主張番号 特願2001-142948 (P2001-142948)

(32) 優先日 平成13年5月14日 (2001.5.14)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 三原 伸一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 小西 宏一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100097777

弁理士 荏澤 弘 (外7名)

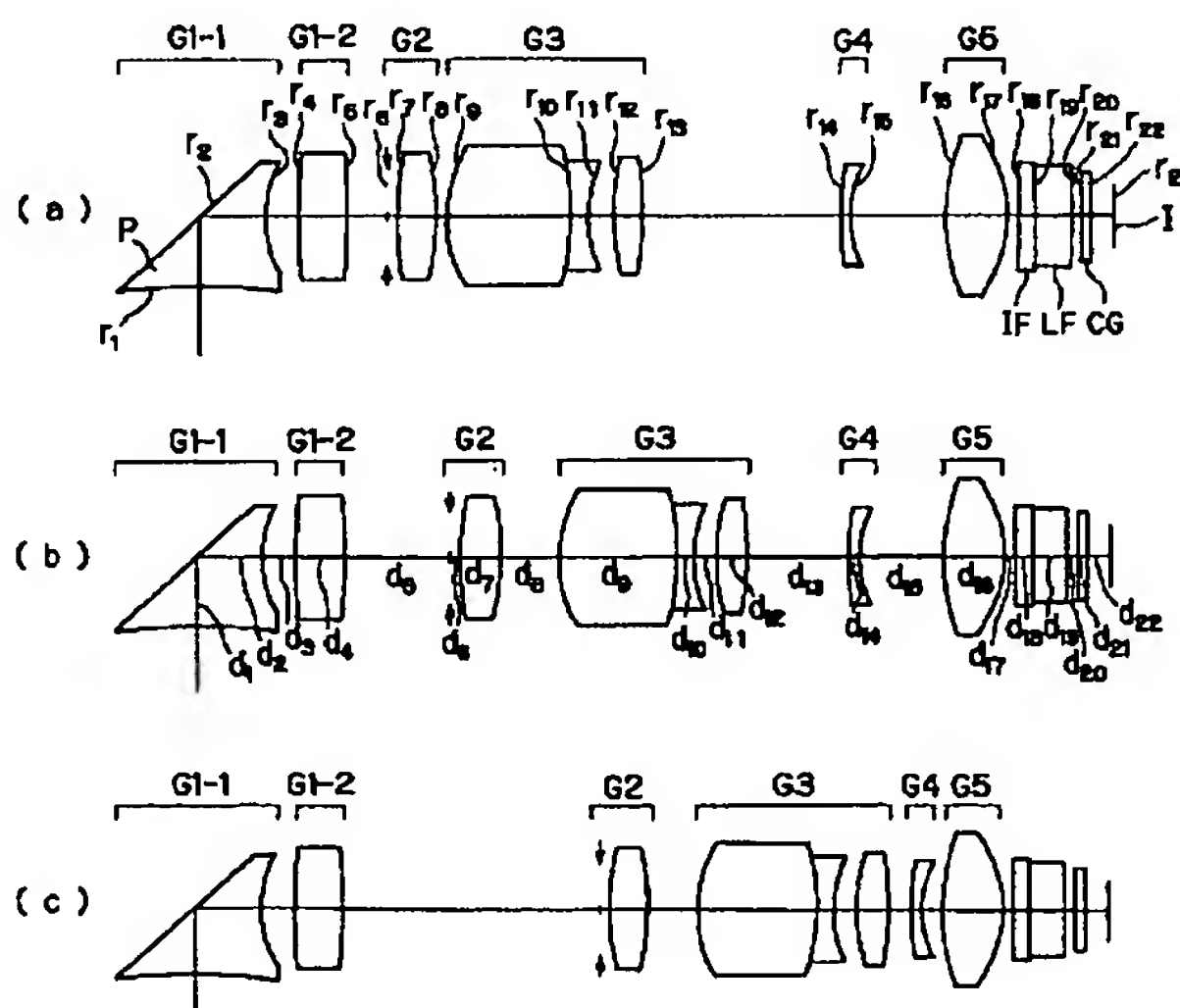
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 高い仕様、性能を維持しつつ変倍時の移動群の移動に関する制約条件を克服できる光学系のタイプを採用した奥行方向が極めて薄い電子撮像装置。

【解決手段】 物体側より順に、負レンズ群と光路折り曲げのための反射光学素子Pとにて構成された第1-1群G-1、正レンズを1枚含む第1-2群G1-2、正の屈折力を有する第2群G2を含み、広角端から望遠端に変倍する際は第2群G2が物体側にのみ移動する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子Iを有する電子撮像装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【請求項2】 最も物体側のレンズから前記変倍時に可動な全ての群の中最も物体側の面の直前までの部分系の合成焦点距離が負である請求項1記載の電子撮像装置。

【請求項3】 物体側より順に、負レンズ群と光路折り曲げのための反射光学素子とにて構成された第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側にのみ移動する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【請求項4】 物体側より順に、入射面、射出面の少なくとも一方が凹面である光路折り曲げのための反射光学素子であるプリズムを含む第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側へ単調に移動するような光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【請求項5】 前記第2群の像側に正の屈折力を有する第3群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群と第3群が相対的間隔を変えながら移動することを特徴とする請求項3又は4記載の電子撮像装置。

【請求項6】 沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記反射光学素子よりも物体側にある負レンズ群を収納することを特徴とする請求項3又は4記載の電子撮像装置。

【請求項7】 物体側より順に、負の第1レンズ群、光路折り曲げのための反射光学素子、正の第2レンズ群を有し、沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記第1レンズ群を収納する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【請求項8】 反射光学素子を含む撮影光学系と電子撮像素子との間に、前記反射光学素子での反射前後の光軸を含む平面に対し略垂直の側にも光路を分割する第2の反射面を設け、その反射側に沿って前記第2の反射面の法線に対し略直角である法線を有し、かつ、前記第2の反射面の光軸を含む入射平面と略同一の入射平面を有する第3の反射面を設け、さらに、反射後の光路が前記撮影光学系の入射側の光軸と略平行に射出するように第4の反射面を設けたことを特徴とする電子撮像装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光路折り曲げズーム光学系を有する薄型電子撮像装置に関し、特に、ズームレンズ等の光学系部分の工夫により奥行き方向の薄型化を実現した、ビデオカメラやデジタルカメラを始めとする電子撮像装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、銀塩35mmフィルム（通称ライカ版）カメラに代わる次世代カメラとして、デジタルカメラ（電子カメラ）が注目されてきている。さらに、それは業務用高機能タイプからポータブルな普及タイプまで幅広い範囲でいくつものカテゴリーを有するようになってきている。

【0003】本発明においては、特にポータブルな普及タイプのカテゴリーに注目し、高画質を確保しながら奥行きの薄いビデオカメラ、デジタルカメラを実現する技術を提供することをねらっている。

【0004】カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系、特にズームレンズ系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。最近では、撮影時に光学系をカメラボディ内からせり出し、携帯時に光学系をカメラボディ内に収納する、いわゆる沈胴式鏡筒を採用することが主流になっている。しかしながら、使用するレンズタイプやフィルターによって光学系沈胴時の厚みが大きく異なる。特にズーム比やF値等の仕様を高く設定するには、最も物体側のレンズ群が正の屈折力を有するいわゆる正先行型ズームレンズは、各々のレンズエレメントの厚みやデッドスペースが大きく、沈胴してもたいして厚みが薄くならない（特開平11-258507号）。負先行型で特に2乃至3群構成のズームレンズはその点有利であるが、群内構成枚数が多かったり、エレメントの厚みが大きかったり、最も物体側のレンズが正レンズの場合は沈胴しても薄くならない（特開平11-52246号）。

【0005】現在知られている中で、電子撮像素子用に適し、かつ、ズーム比、画角、F値等含めた結像性能が良好で、沈胴厚を最も薄くできる可能性を有するものの例として、特開平11-194274号、特開平11-287953号、特開2000-9997等のものがある。

【0006】第1群を薄くするには、入射瞳位置を浅くするのがよいが、そのためには第2群の倍率を高くすることになる。一方、そのために第2群の負担が大きくなり、それ自身を薄くすることが困難になるばかりでなく収差補正の困難さや製造誤差の効きが増大し好ましくない。薄型化小型化を実現するには、撮像素子を小さくすればよいが、同じ画素数とするためには画素ピッチを小さくする必要があり、感度不足を光学系でカバーしなければならない。回折の影響も然りである。

【0007】また、奥行の薄いカメラボディにするために、合焦時のレンズ移動を前群ではなくいわゆるリアフ

フォーカスが駆動系のレイアウト上有効である。すると、リアフォーカスを実施したときの収差変動が少ない光学系を選択する必要がある。もう1つの薄型化の手段として、光学系の光路をミラー等で折り曲げる方法がある。この場合、折り曲げのためのスペース上変倍のためのレンズ移動にかなりの制約が発生する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は従来技術のこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、光学系の光路（光軸）をミラー等の反射光学素子で折り曲げたリアフォーカスのズームレンズを採用し、高い仕様、性能を維持しつつ変倍時の移動群の移動に関する制約条件を克服できる光学系のタイプを採用して、奥行方向が極めて薄い電子撮像装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の電子撮像装置は、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものである。

【0010】以下に、本発明において上記構成をとる理由と作用を説明する。

【0011】本発明においては、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系を採用した。レンズ系入射面を物体側に向けなおかつ奥行を薄くするには、光路折り曲げを撮影光学系の出来るだけ物体側の位置で、しかも、光線高が低い空気間隔部で実施するのが好ましい。また、ズームやフォーカス駆動系を複雑化しないために、移動群は折り曲げ位置よりも像側とするのがよい。折り曲げスペースを極力小さくするためには、折り曲げ部近傍での結像に寄与する全ての光線高が低いのがよいことを考えると、折り曲げ部の存在する最も物体側のレンズから変倍時に可動な群の直前までの部分系の合成焦点距離が負であることが望ましい。

【0012】折り曲げズーム光学系として相応しいレンズ構成を具体的に述べると、物体側より順に、負レンズ群と光路折り曲げのための反射光学素子とにて構成された第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側にのみ移動するタイプである。

【0013】折り曲げズーム光学系として相応しいもう1つのレンズ構成を具体的に述べると、物体側より順

に、入射面、射出面の少なくとも一方が凹面である光路折り曲げのための反射光学素子であるプリズムを含む第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側へ単調に移動するようなタイプである。

【0014】この場合、何れのタイプでも、反射光学素子の反射面の直前の屈折面から反射面の直後の屈折面までの光軸上の空気換算長 $d$ を以下のようにするのがよい。

【0015】(a)  $0.5 < d/L < 2.1$

ただし、 $L$ は電子撮像素子の有効撮像領域（略矩形）の対角長。

【0016】この条件(a)の上限値の2.1を越えると、光学系が大きくなりすぎる。下限値の0.5を越えると、画像周辺部の結像に寄与する光束が満足に像面に達しないし、あるいはゴーストが発生しやすい。

【0017】なお、光路を折り曲げる方向の画角が $25^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合、約 $19^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合、それぞれ以下の範囲がよい。

【0018】(a-1)  $0.8 < d/L < 1.9$

(a-2)  $0.5 < d/L < 1.5$

さらに、次のようにすればより好ましい。

【0019】(a'-1)  $0.9 < d/L < 1.8$

(a'-2)  $0.6 < d/L < 1.4$

なお、何れのタイプも近軸的屈折力配置を適切にするために反射面を平面以外で構成してもよい。また、反射面の形状を自由に定めることのできる制御系を設け、それによって変倍の際に発生する焦点位置や収差の変動を補正したり、フォーカスをしたり、変倍をするために形状制御可能な形状可変ミラーにするのがより好ましい。

【0020】なお、これとは別に、反射光学素子をプリズム平面部に平凹レンズを接合する等して構成してもよい。歪曲補正のレベルと電子撮像装置の目標サイズとのバランスの関係から、最も物体側にパワーの弱い正レンズを付加してもよい。その場合は、第1-2群はなくてもよい。

【0021】これら2つのズームタイプについては、それぞれの最終群は非球面を有する単レンズにて構成するのがよい。歪曲収差、非点収差、コマ収差等、軸外収差の補正には大変効果がある。このレンズによりそれより物体側にて発生する収差をキャンセルしている訳であるから、フォーカス等によって動かすと収差のバランスを崩してしまう。したがって、最終群は固定とした方がよい。

【0022】また、フォーカスを実施する群としては、第1群は折り曲げ系であり相応しくないので、最終群を除く第2群以降の群で実施するのがよい。特に、フォーカスによる焦点距離や収差の変動が少ない最終群から物体側に2番目の群を用いてフォーカスを行うのがよい。



この場合、より近距離側への合焦は繰り出す方向となる。さらに、フォーカスを行うために、最終群から物体側に2番目の群と3番目の群の望遠端での無限遠物点合焦時の光軸上空気間隔 $D_{FT}$ が以下の条件式を満足するのがよい。

【0023】(b)  $0.1 < D_{FT}/f_T < 1.5$   
ただし、 $f_T$ は望遠端での無限遠物点合焦時の全系焦点距離である。

【0024】この条件(b)の上限の1.5を越えると、ズーム比の確保が困難となり、下限値の0.1を越えると、フォーカス可能距離レンジを十分にとることができない。

【0025】なお、次のようにすればより好ましい。

【0026】(b')  $0.2 < D_{FT}/f_T < 1$   
さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0027】

(b'')  $0.25 < D_{FT}/f_T < 0.8$

上記の2つのズームタイプは、第2群の像側に正の屈折力を有する第3群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は第2群と第3群が相対的間隔を変えながら移動するようなズーム形式にするとよい。この方式は、スペースを効率良く使って変倍による焦点位置補正を行いながら高い変倍率を稼ぐことができる。

【0028】その場合、無限遠合焦時に広角端から望遠端に変倍する際の第2群、第3群のそれぞれの移動量 $M_2$ 、 $M_3$ の比を、

(c)  $0.5 < M_3/M_2 < 2.0$

の範囲にするのがよい。この条件の上限値の2.0を越えると、ズーム比やフォーカス可能距離レンジを十分にとることができない。下限値の0.5を越えると、こちらもズーム比の確保が困難である。

【0029】なお、次のようにすればより好ましい。

【0030】

(c')  $0.7 < M_3/M_2 < 1.4$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0031】

(c'')  $0.8 < M_3/M_2 < 1.25$

上記の2つのズームタイプは、第1群(第1-1群から第1-2群にかけての合成系)をズーム時、フォーカス時に動かすのは光路折り曲げ系につき機構的に困難なため、固定とするのがよい。なお、第1-1群は変倍時固定とするが、第1-2群は移動することが比較的容易なため可動としてもよい。その場合、変倍時に像側に凸の軌跡を描きつつ移動するのがよい。この、第1-2群は色収差や歪曲収差等の軸外収差を補正するために、物体側から順に、負レンズ、正レンズの2枚若しくは正レンズ1枚から構成するのがよい。

【0032】さらに、以下の構成上の限定の何れかを加えると、より一層高い仕様、性能、簡素な構成の折り曲げズームレンズ系を得ることができ、撮像装置のさらな

る薄型化に寄与する。

【0033】○第1-1群は光路を折り曲げるための反射光学素子より物体側の負レンズ群は、物体側に凸の負レンズ1枚のみとする。

【0034】この配置が画角を維持しながら光学系の奥行を最も薄くできる構成である。

【0035】○その場合、負レンズのパワーがある程度ないと意味がないので、第1-1群と第1-2群のパワー比を、

(d)  $-0.8 < f_{11}/f_{12} < 1.9$

とする。ただし、 $f_{11}$ は第1-1群の焦点距離、 $f_{12}$ は第1-2群の焦点距離である。この条件の上下限の1.9、-0.8の何れを越えても、折り曲げ光学素子が大型化しやすい。

【0036】なお、次のようにすればより好ましい。

【0037】

(d')  $-0.6 < f_{11}/f_{12} < 1.7$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0038】

(d'')  $-0.4 < f_{11}/f_{12} < 1.5$

○第2群又は第3群の何れか一方が単レンズ、もう一方には少なくとも凹レンズを含む。

【0039】第2群と第3群は変倍時に相対的間隔をわずかに変えながら概ね同一方向に移動することで、移動スペースを共用でき、少ないスペースで焦点位置を一定に保ちつつ変倍することができるのであるが、その他のメリットとして、それぞれの群の色収差の補正が完結している必要がないということである。つまり、第2群、第3群は相互に色収差が補正できる。したがって、何れか一方を単レンズにて構成してもよい。小型軽量化に貢献する。

【0040】○第2群と第3群の相対的間隔変化をできるだけ小さく保つには、第2群以降の合成系の倍率が-1倍近傍にて変倍するのがよい。したがって、望遠端においては以下の条件を満足するのがよい。

【0041】(e)  $0.7 < -\beta_{Rt} < 2.1$

ただし、 $\beta_{Rt}$ は第2群以降の望遠端における合成倍率(無限遠物点)である。

【0042】この条件の上下限2.1、0.7の何れを越えても、第2群と第3群との相対的間隔の変化量が大きくなってしまう。

【0043】なお、次のようにすればより好ましい。

【0044】(e')  $0.8 < -\beta_{Rt} < 1.9$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0045】(e'')  $0.85 < -\beta_{Rt} < 1.7$

本発明の電子撮像装置は、また、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に入射面・射出面の少なくとも一方が曲率を有する面である光路を折り曲げるための反射光学素子を少

なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものを含むものである。

【0046】このように、光路を折り曲げるための反射光学素子（プリズム）に屈折力を保有させることで、レンズ要素数を削減でき、コンパクト化やコストダウンに寄与する。

【0047】この場合に、光路を折り曲げるための反射光学素子を光路折り曲げズーム光学系の最も物体側に配置することができる。

【0048】このように、光路折り曲げ素子は出来るだけ物体側に配した方が、電子撮像装置の奥行き方向を薄くできる。

【0049】また、光路を折り曲げるための反射光学素子の入射面を物体側に凹面を向けた構成にすることができる。

【0050】本発明の一例である、物体側から負メニスカスレンズ、光路折り曲げプリズムの順に構成したズーム光学系を有する薄型電子撮像装置に対し、光路折り曲げプリズムの入射面に負の屈折力を持たせることで、その負メニスカスレンズを省略でき、電子撮像装置の奥行き方向をより薄くすることが可能となる。

【0051】その場合に、光路を折り曲げるための反射光学素子の入射面を非球面とすることができる。

【0052】入射面の光軸上曲率が負値（物体側に凹面を向けた構成）である場合、歪曲収差等の軸外収差補正上不利となるため、非球面を導入することでその収差補正を可能としている。

【0053】そして、光路を折り曲げるための反射光学素子の射出面を平面とすることができる。

【0054】上記のように、入射面に非球面を導入すると、射出面との面間偏心精度の確保が困難となるため、もう一方の面（射出面）を平面として面間偏心要求精度を緩和することができる。

【0055】また、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと少なくとも1つの負レンズとからなり、少なくとも1つずつの正レンズと負レンズが互いに接合されているものとすることができる。

【0056】広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群においては、正レンズと負レンズの相対偏心による収差の劣化が大きい傾向にある。したがって、上記のように出来るだけ互いに接合しておいた方が好ましい。

【0057】また、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと1つの負レンズとからなり、その負レンズが少なくとも一方の正レンズと互いに接合されているものとすることができる。

【0058】このように、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと1つ

の負レンズの合計3枚が最低構成要素である。

【0059】さて、次に、フィルター類を薄くすることについて言及する。電子撮像装置には、通常赤外光が撮像面に入射しないように一定の厚みのある赤外吸収フィルターを撮像素子よりも物体側に挿入している。これを厚みのないコーティングに置き換えることを考える。当然その分薄くなる訳だが、副次的効果がある。ズームレンズ系後方にある電子撮像素子よりも物体側に、600nmでの透過率が80%以上、700nmでの透過率が10%以下の近赤外シャープカットコートを導入すると、吸収タイプよりも相対的に赤側の透過率が高くなり、補色モザイクフィルターを有するCCDの欠点である青紫側のマゼンタ化傾向がゲイン調整により緩和され、原色フィルターを有するCCD並みの色再現を得ることができる。一方、補色フィルターの場合、その透過光エネルギーの高さから原色フィルター付きCCDと比べ実質的感度が高く、かつ、解像的にも有利であるため、小型CCDを使用したときのメリットが大である。もう一方のフィルターである光学的ローパスフィルターについてもその総厚 $t_{LPF}$ 以下の条件を満たすようにするとよい。 (f)  $0.15a < t_{LPF} < 0.45a$

aは電子撮像素子の水平画素ピッチ（単位 $\mu m$ ）。

【0060】光学的ローパスフィルターを薄くすると、一般的にはモアレ抑制効果が減少して好ましくない。一方、画素ピッチが小さくなるにつれて結像レンズ系の回折の影響によりナイキスト限界以上の周波数成分のコントラストは減少し、モアレ抑制効果の減少はある程度許容されるようになる。例えば、像面上投影時の方位角度が水平（ $=0^\circ$ ）と $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用する場合、かなりモアレ抑制効果があることが知られている。この場合のフィルターが最も薄くなる仕様としては、水平に $a \mu m$ 、 $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ $\text{SQRT}(1/2) * a \mu m$ だけずらせるものが知られている。このときのフィルター厚は、凡そ $[1 + 2 * \text{SQRT}(1/2)] * a / 5.88$ （mm）となる。ここで、SQRTはスクエアルートであり平方根を意味する。これは、丁度ナイキスト限界に相当する周波数においてコントラストをゼロにする仕様である。これよりは数%乃至数十%程度薄くすると、ナイキスト限界に相当する周波数のコントラストが少し出てくるが、上記回折の影響で抑えることが可能になる。

【0061】上記以外のフィルター仕様、例えば2枚重ねあるいは1枚で実施する場合も含めて、条件（f）を満足するのがよい。その上限値の0.45aを越えると、光学的ローパスフィルターが厚すぎ薄型化の妨げになる。下限値の0.15aを越えると、モアレ除去が不十分になる。ただし、これを実施する場合のaの条件は $5 \mu m$ 以下である。

【0062】 $a$ が $4\mu\text{m}$ 以下なら、より回折の影響を受けやすいので、

$$(f') \quad 0.13a < t_{\text{LPF}} < 0.42a$$

( $f''$ )  $4\mu\text{m}$ 以上:

$$0.3a < t_{\text{LPF}} < 0.4a \quad \cdots 3\text{枚重ね} \quad a < 5\mu\text{m}$$

$$0.2a < t_{\text{LPF}} < 0.28a \quad \cdots 2\text{枚重ね} \quad a < 5\mu\text{m}$$

$$0.1a < t_{\text{LPF}} < 0.16a \quad \cdots 1\text{枚} \quad a < 5\mu\text{m}$$

$4\mu\text{m}$ 以下:

$$0.25a < t_{\text{LPF}} < 0.37a \quad \cdots 3\text{枚重ね} \quad a < 4\mu\text{m}$$

$$0.16a < t_{\text{LPF}} < 0.25a \quad \cdots 2\text{枚重ね} \quad a < 4\mu\text{m}$$

$$0.08a < t_{\text{LPF}} < 0.14a \quad \cdots 1\text{枚} \quad a < 4\mu\text{m}$$

画素ピッチの小さな電子撮像素子を使用する場合、絞り込みによる回折効果の影響で画質が劣化する。したがって、開口サイズが固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1群の最も像側のレンズ面と第3群の最も物体側のレンズ面の間の何れかの光路内に挿入でき、かつ、他の開口と交換可能とすることで像面照度の調節することができる電子撮像装置としておき、その複数の開口の中、一部の開口内に $550\text{nm}$ に対する透過率がそれぞれ異なり、かつ、 $80\%$ 未満であるような媒体を有するようにして光量調節を行なうのがよい。あるいは、 $a(\mu\text{m})/F$ ナンバー $<0.4$ となるような $F$ 値に相当する光量になるように調節を実施する場合は、開口内に $550\text{nm}$ に対する透過率がそれぞれ異なりかつ $80\%$ 未満の媒体を有する電子撮像装置とするのがよい。例えば、開放値から上記条件の範囲外ではその媒体なしあるいは $550\text{nm}$ に対する透過率が $91\%$ 以上のダミー媒質としておき、範囲内のときは回折の影響が出る程に開口絞り径を小さくするのではなく、NDフィルターのようなもので光量調節するのがよい。

【0064】また、その複数の開口をそれぞれ径を $F$ 値に反比例して小さくしたものにしておき、NDフィルターの代わりにそれぞれ周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを開口内に入れておくのでもよい。絞り込むにつれて回折劣化が大きくなるので、開口径が小さくなる程光学的ローパスフィルターの周波数特性を高く設定しておく。

【0065】電子撮像装置の薄型化は、光学系の構成の工夫の他に、機械的機構やレイアウトの工夫も重要である。特に、撮影をしないときにレンズを本体内部に収納するいわゆる沈胴方式を採用することは重要である。その機構として、本発明のレンズ構成の場合には、既に本体内部にある反射光学素子を光路から本体内部の別の空間に退避し、その空いた光路上の空間に、反射光学素子よりも物体側にあって撮影時には本体から突出しているレンズ群を移動して収納する方式を採用するのがよい。

【0066】なお、本発明に採用したレンズ構成以外であっても、物体側より順に、負の第1レンズ群、光路折り曲げのための反射光学素子、正の第2レンズ群を有するような光学系であれば、反射光学素子を光路から本体

としてもよい。また、水平画素ピッチと重なるローパスフィルターの枚数に応じて、以下のようにしてもよい。

【0063】

内の別の空間に退避し、その空いた光路上の空間に第1レンズ群を移動して収納する方式が使える。

【0067】さらに、第1レンズ群の収納時、第2レンズ群が撮影時の最も像面から離れた位置よりも像側に退避するようにするとよい。第2レンズ群以降には変倍やフォーカスのための移動スペースがあるので、例えば収納時にそれを有効利用するために、収納時には第2群はできるだけ像側に押し下げ、必要によっては反射光学素子も像側に移動して第1群を収納したりすることができる。

【0068】反射光学素子が特に薄板に反射ミラーコーティングを施した反射ミラーで構成するような場合は、その収納時に、反射ミラーを反射面が折り曲げ、前の光軸と垂直となるように退避させることができるので、退避スペースを必要とせずに第1群の収納が可能である。

【0069】その他、収納時に反射光学素子以外のレンズ1枚1枚を倒したり移動して収納空間を作りだしてもよい。

【0070】プリズムを外殻のみ固体で形成し、内部を液体等で充填したもので構成する場合は、内部の液体を抜いて薄くするのもよい。

【0071】なお、反射光学素子を利用した光学系を用いると、以下のようなことが可能になる。

【0072】最も優れた応用例として、ポロプリズム方式のファインダーと融合したTTL一眼レフ光学系である。

【0073】例えば、反射光学素子を含む撮影光学系と撮像素子との間に、反射光学素子での反射前後の光軸を含む平面に対し略直角の側にも光路を分割する第2の反射面(時分割でも振幅分割でも何でもよい)を設け、その反射側に沿ってその第2の反射面の法線に対し略同一平面内でかつ略直角である法線を有する第3の反射面を設け、さらに、反射後の光路がその撮影光学系の入射側の光軸と略平行に射出するように第4の反射面を設けたもの等である。これは、カメラの薄型化に大きく貢献する。

【0074】第2の応用例として、反射光学素子とそれよりも物体側の光学系を例えば撮影光学系の入射瞳位置近傍を回転中心に回転して撮影方向を変えることができ



る。あるいは、光学的な手ブレ補正も可能である。

【0075】

【発明の実施の形態】以下、本発明の電子撮像装置に用いられる光路折り曲げズーム光学系の実施例1～12について説明する。これらの実施例の無限遠物点合焦時の望遠端(a)、中間状態(b)、広角端(c)でのレンズ断面図をそれぞれ図1～図12に示す。各図中、第1群はG1、第1-1群はG1-1、第1-2群はG1-2、第2群はG2、第3群はG3、第4群はG4、第5群はG5、光路折り曲げプリズムはP、開口絞り(独立の場合)はS、近赤外カットフィルターはIF、近赤外カットコート面はIC、ローパスフィルターはLF、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスはCG、CCDの像面はIで示してあり、物体側から順に配置された近赤外カットフィルターIF、ローパスフィルターLF、カバーガラスCG、あるいは、近赤外カットコート面IC、ローパスフィルターLF、カバーガラスCGは、最終群と像面Iの間に固定配置されている。

【0076】実施例1の光路折り曲げズーム光学系は、図1に示すように、両凹負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G2、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズと両凸正レンズからなる第3群G3、物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第4群G4、両凸正レンズからなる第5群G5からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動し、第4群G4は第3群G3との間隔を広げながら物体側へ移動する。

【0077】非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第2群G2の両凸正レンズの物体側の面、第4群G4の負メニスカスレンズの像面側の面、第5群G5の両凸正レンズの像面側の面の4面に用いられている。

【0078】実施例2の光路折り曲げズーム光学系は、図2に示すように、両凹負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、独立に移動する開口絞りS、両凸正レンズと物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第2群G2、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズからなる第3群G3、物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G4と第3群G3は相互に間隔を広げながら物体側へ移動する。第1-2群G1-2と第2群G4の間に配置された開口絞りSも、第1-2群G1-2と第2群G4の間隔を狭めながら物体側へ移動する。

【0079】非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用い

られている。

【0080】実施例3の光路折り曲げズーム光学系は、図3に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G2、両凸正レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0081】非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第3群G3の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0082】実施例4の光路折り曲げズーム光学系は、図4に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズと両凸正レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第2群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0083】非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第2群G2の絞りの後の両凸正レンズの物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0084】実施例5の光路折り曲げズーム光学系は、図5に示すように、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1群G1、開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G2、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズと両凸正レンズからなる第3群G3、物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第4群G4、物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第5群G5からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら、また、第3群G3と第4群G4は間隔を広げながら、物体側へ移動し、第5群G5は若干像面側へ移動する。

【0085】非球面は、第1群G1の両凸正レンズの像面側の面、第2群G2の両凸正レンズの物体側の面、第4群G4の負メニスカスレンズの像面側の面、第5群G5の正メニスカスレンズの像面側の面の4面に用いられている。

【0086】実施例6の光路折り曲げズーム光学系は、

図6に示すように、両凸正レンズと両凹負レンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1群G1、開口絞りと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2群G2、物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第3群G3、両凸正レンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を広げながら物体側へ移動し、第4群G4は像面側に凸の軌跡を描きつつ望遠側では物体側へ若干移動する。

【0087】非球面は、第1群G1の両凹負レンズの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第3群G3の負メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

【0088】実施例7の光路折り曲げズーム光学系は、図7に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、物体側に凸の負メニスカスレンズ2枚からなる第2群G2、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0089】非球面は、第1-1群G1-1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0090】実施例8の光路折り曲げズーム光学系は、図8に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第2群G2、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0091】非球面は、第1-1群G1-1の負メニスカスレンズの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

【0092】実施例9の光路折り曲げズーム光学系は、図9に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G2、

両凸正レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0093】非球面は、第1-2群G1-2の負メニスカスレンズの像面側の面、第3群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0094】実施例10の光路折り曲げズーム光学系は、図10に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0095】非球面は、第1-2群G1-2の負メニスカスレンズの像面側の面、第3群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0096】実施例11の光路折り曲げズーム光学系は、図11に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズと、凸平正レンズと平凹負レンズの接合レンズからなる第3群G3、両凸正レンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2は第3群G3は間隔を広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0097】非球面は、第1-2群G1-2の負メニスカスレンズの像面側の面、第3群G3の正メニスカスレンズの物体側の面、第4群G4の両凸正レンズの像面側の面の3面に用いられている。

【0098】実施例12の光路折り曲げズーム光学系は、図12に示すように、凹平負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、物体側に凹の負メニスカスレンズと物体側に凹の正メニスカスレンズの接合レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと



からなる第2群G2、両凸正レンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0099】非球面は、第1-1群G1-1の光路折り曲げプリズムPの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

【0100】以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、fは全系焦点距離、 $2\omega$ は画角、FN0はFナンバー、WEは広角端、STは中間状態、TEは望遠端、 $r_1$ 、 $r_2$ …は各レンズ面の曲率半径、d

$d_1$ 、 $d_2$ …は各レンズ面間の間隔、 $n_{d1}$ 、 $n_{d2}$ …は各レンズのd線の屈折率、 $\nu_{d1}$ 、 $\nu_{d2}$ …は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、xを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

$$\text{【0101】 } x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K + 1)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、 $A_4$ 、 $A_6$ 、 $A_8$ 、 $A_{10}$ はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0102】

#### 実施例1

$r_1 =$	-26.8147	$d_1 =$	3.8000	$n_{d1} =$	1.73400	$\nu_{d1} =$	51.47
$r_2 =$	$\infty$ (反射面)	$d_2 =$	3.2000	$n_{d2} =$	1.73400	$\nu_{d2} =$	51.47
$r_3 =$	6.2254	$d_3 =$	1.7202				
$r_4 =$	424.9864 (非球面)	$d_4 =$	2.4297	$n_{d3} =$	1.84666	$\nu_{d3} =$	23.78
$r_5 =$	-48.1247	$d_5 =$	(可変)				
$r_6 =$	$\infty$ (絞り)	$d_6 =$	0.5000				
$r_7 =$	17.8731 (非球面)	$d_7 =$	2.0000	$n_{d4} =$	1.58913	$\nu_{d4} =$	61.26
$r_8 =$	-16.6911	$d_8 =$	(可変)				
$r_9 =$	7.9903	$d_9 =$	6.2379	$n_{d5} =$	1.48749	$\nu_{d5} =$	70.23
$r_{10} =$	-14.7007	$d_{10} =$	0.8488	$n_{d6} =$	1.84666	$\nu_{d6} =$	23.78
$r_{11} =$	7.0178	$d_{11} =$	1.1903				
$r_{12} =$	11.2307	$d_{12} =$	1.6307	$n_{d7} =$	1.84666	$\nu_{d7} =$	23.78
$r_{13} =$	-24.5400	$d_{13} =$	(可変)				
$r_{14} =$	18.1763	$d_{14} =$	0.5000	$n_{d8} =$	1.84666	$\nu_{d8} =$	23.78
$r_{15} =$	5.9110 (非球面)	$d_{15} =$	(可変)				
$r_{16} =$	14.1876	$d_{16} =$	3.0000	$n_{d9} =$	1.58913	$\nu_{d9} =$	61.26
$r_{17} =$	-7.1178 (非球面)	$d_{17} =$	0.5006				
$r_{18} =$	$\infty$	$d_{18} =$	0.8000	$n_{d10} =$	1.51633	$\nu_{d10} =$	64.14
$r_{19} =$	$\infty$	$d_{19} =$	1.8000	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84
$r_{20} =$	$\infty$	$d_{20} =$	0.5000				
$r_{21} =$	$\infty$	$d_{21} =$	0.5000	$n_{d12} =$	1.51633	$\nu_{d12} =$	64.14
$r_{22} =$	$\infty$	$d_{22} =$	1.1914				
$r_{23} =$	$\infty$ (像面)						

#### 非球面係数

##### 第4面

$$K = 0.0195$$

$$A_4 = 5.4111 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.1984 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 4.5957 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.0754 \times 10^{-8}$$

##### 第7面

$$K = 5.8821$$

$$A_4 = -2.7575 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.8194 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -7.9649 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 3.4848 \times 10^{-8}$$

第15面

$K = -3.6043$   
 $A_4 = 2.6150 \times 10^{-3}$   
 $A_6 = -8.5623 \times 10^{-6}$   
 $A_8 = -2.8972 \times 10^{-6}$   
 $A_{10} = 1.5174 \times 10^{-7}$

第17面

$K = 0.8882$   
 $A_4 = 1.1140 \times 10^{-3}$   
 $A_6 = -8.5962 \times 10^{-6}$   
 $A_8 = 3.9677 \times 10^{-7}$   
 $A_{10} = 3.1086 \times 10^{-8}$

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	4.59000	8.95000	13.23000
F N0	2.8316	3.8724	4.6438
2 ω (°)	65.5	34.0	23.0
d5	12.93741	5.34873	2.00000
d8	2.61607	2.85689	0.50000
d13	1.09671	5.22639	10.38165
d15	1.00016	4.21405	4.71724

【0103】

実施例2

$r_1 = -129.7294$	$d_1 = 4.5500$	$n_{d1} = 1.80400$	$v_{d1} = 46.57$
$r_2 = \infty$ (反射面)	$d_2 = 4.0019$	$n_{d2} = 1.80400$	$v_{d2} = 46.57$
$r_3 = 5.3898$	$d_3 = 1.6465$		
$r_4 = 30.0332$ (非球面)	$d_4 = 1.4609$	$n_{d3} = 1.84666$	$v_{d3} = 23.78$
$r_5 = -35.8611$	$d_5 =$ (可変)		
$r_6 = \infty$ (絞り)	$d_6 =$ (可変)		
$r_7 = 9.6063$ (非球面)	$d_7 = 2.7296$	$n_{d4} = 1.48749$	$v_{d4} = 70.23$
$r_8 = -30.8421$	$d_8 = 0.1469$		
$r_9 = 10.1172$	$d_9 = 2.1277$	$n_{d5} = 1.69680$	$v_{d5} = 55.53$
$r_{10} = 97.1974$	$d_{10} = 0.0500$		
$r_{11} = 12.1982$	$d_{11} = 0.7949$	$n_{d6} = 1.84666$	$v_{d6} = 23.78$
$r_{12} = 5.7271$	$d_{12} =$ (可変)		
$r_{13} = 14.2960$	$d_{13} = 4.0342$	$n_{d7} = 1.48749$	$v_{d7} = 70.23$
$r_{14} = -15.7323$	$d_{14} = 0.1401$		
$r_{15} = -18.5671$	$d_{15} = 1.1241$	$n_{d8} = 1.84666$	$v_{d8} = 23.78$
$r_{16} = -29.8834$	$d_{16} =$ (可変)		
$r_{17} = 46.3841$ (非球面)	$d_{17} = 1.1752$	$n_{d9} = 1.58913$	$v_{d9} = 61.26$
$r_{18} = 541.6142$	$d_{18} = 0.4453$		
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.8000$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 1.8000$	$n_{d11} = 1.54771$	$v_{d11} = 62.84$
$r_{21} = \infty$	$d_{21} = 0.5000$		
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 0.5000$	$n_{d12} = 1.51633$	$v_{d12} = 64.14$
$r_{23} = \infty$	$d_{23} = 1.2588$		
$r_{24} = \infty$ (像面)			

非球面係数

第4面

$K = 42.6072$

$$A_4 = 4.5281 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.2752 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 2.9327 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.9136 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -7.7511 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 2.4221 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第17面

$$K = 0$$

$$A_4 = -8.0585 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.7583 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.1309 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ ( $\infty$ )

	W E	S T	T E
f (mm)	4.71141	7.84455	13.21508
F N0	2.8000	3.6612	5.0650
$2\omega$ (°)	67.8	41.2	24.8
d <sub>6</sub>	7.09024	5.59391	1.24849
d <sub>12</sub>	3.08267	9.70509	10.04403
d <sub>16</sub>	0.98577	1.28696	8.72623

【0104】

実施例3

r <sub>1</sub> = 22.0799	d <sub>1</sub> = 0.7823	n <sub>d1</sub> = 1.80400	v <sub>d1</sub> = 46.57
r <sub>2</sub> = 7.0105	d <sub>2</sub> = 1.1905		
r <sub>3</sub> = $\infty$	d <sub>3</sub> = 3.8000	n <sub>d2</sub> = 1.80400	v <sub>d2</sub> = 46.57
r <sub>4</sub> = $\infty$ (反射面)	d <sub>4</sub> = 3.4483	n <sub>d3</sub> = 1.80400	v <sub>d3</sub> = 46.57
r <sub>5</sub> = $\infty$	d <sub>5</sub> = 0.4000		
r <sub>6</sub> = -43.4610	d <sub>6</sub> = 0.7742	n <sub>d4</sub> = 1.77250	v <sub>d4</sub> = 49.60
r <sub>7</sub> = 9.6384	d <sub>7</sub> = 0.6369		
r <sub>8</sub> = 19.1908 (非球面)	d <sub>8</sub> = 1.6810	n <sub>d5</sub> = 1.84666	v <sub>d5</sub> = 23.78
r <sub>9</sub> = -40.1274	d <sub>9</sub> = (可変)		
r <sub>10</sub> = $\infty$ (絞り)	d <sub>10</sub> = 0.5000		
r <sub>11</sub> = 85.1662	d <sub>11</sub> = 1.5117	n <sub>d6</sub> = 1.58913	v <sub>d6</sub> = 61.26
r <sub>12</sub> = -18.3807	d <sub>12</sub> = (可変)		
r <sub>13</sub> = 5.5347 (非球面)	d <sub>13</sub> = 2.9473	n <sub>d7</sub> = 1.48749	v <sub>d7</sub> = 70.23
r <sub>14</sub> = -102.8346	d <sub>14</sub> = 0.1500		
r <sub>15</sub> = 68.5128	d <sub>15</sub> = 3.4582	n <sub>d8</sub> = 1.84666	v <sub>d8</sub> = 23.78
r <sub>16</sub> = 5.6774	d <sub>16</sub> = 2.1376		
r <sub>17</sub> = 7.8453	d <sub>17</sub> = 2.3148	n <sub>d9</sub> = 1.60542	v <sub>d9</sub> = 45.99
r <sub>18</sub> = -12.6010	d <sub>18</sub> = 0.5441		
r <sub>19</sub> = -6.0465	d <sub>19</sub> = 0.7255	n <sub>d10</sub> = 1.61800	v <sub>d10</sub> = 63.33
r <sub>20</sub> = -17.9513	d <sub>20</sub> = (可変)		
r <sub>21</sub> = -17.2238 (非球面)	d <sub>21</sub> = 1.4117	n <sub>d11</sub> = 1.58913	v <sub>d11</sub> = 61.26
r <sub>22</sub> = -9.8048	d <sub>22</sub> = 0.5599		
r <sub>23</sub> = $\infty$	d <sub>23</sub> = 0.8000	n <sub>d12</sub> = 1.51633	v <sub>d12</sub> = 64.14
r <sub>24</sub> = $\infty$	d <sub>24</sub> = 1.8000	n <sub>d13</sub> = 1.54771	v <sub>d13</sub> = 62.84



r 25=

∞

d 25=

0. 5000

r 26=

∞

d 26=

0. 5000

n d14=1. 51633

v d14=64. 14

r 27=

∞

d 27=

1. 3641

r 28=

∞ (像面)

非球面係数

第 8 面

K = 1. 5876

A4 = 2. 6616 ×10<sup>-4</sup>

A6 = 3. 3939 ×10<sup>-6</sup>

A8 =-1. 0023 ×10<sup>-7</sup>

A10= 0

第 1 3 面

K = 0

A4 =-2. 7230 ×10<sup>-4</sup>

A6 =-5. 7432 ×10<sup>-6</sup>

A8 =-3. 4301 ×10<sup>-7</sup>

A10= 0

第 2 1 面

K = 0

A4 =-8. 9975 ×10<sup>-4</sup>

A6 =-1. 8358 ×10<sup>-5</sup>

A8 = 1. 4143 ×10<sup>-6</sup>

A10= 0

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	4. 60758	7. 85021	13. 40785
F N0	2. 8000	3. 4489	4. 6187
2 ω (° )	65. 3	39. 0	22. 9
d 9	14. 75212	6. 67783	2. 00000
d 12	0. 67500	4. 26744	1. 54139
d 20	1. 35767	6. 03580	13. 51290

【 0 1 0 5 】

実施例 4

r 1 =

29. 0184

d 1 =

0. 7437

n d1 =1. 80400

v d1 =46. 57

r 2 =

7. 3275

d 2 =

1. 3049

r 3 =

∞

d 3 =

4. 0000

n d2 =1. 80400

v d2 =46. 57

r 4 =

∞ (反射面)

d 4 =

3. 5133

n d3 =1. 80400

v d3 =46. 57

r 5 =

∞

d 5 =

0. 3000

r 6 =

-31. 2038

d 6 =

0. 7673

n d4 =1. 80400

v d4 =46. 57

r 7 =

15. 2085

d 7 =

1. 5760

r 8 =

33. 1818 (非球面)

d 8 =

1. 5628

n d5 =1. 84666

v d5 =23. 78

r 9 =

-29. 4113

d 9 =

(可变)

r 10=

∞ (絞り)

d 10=

0. 5000

r 11=

20. 3172 (非球面)

d 11=

1. 9876

n d6 =1. 58913

v d6 =61. 26

r 12=

-14. 3558

d 12=

0. 1387

r 13=

7. 0863

d 13=

2. 5021

n d7 =1. 48749

v d7 =70. 23

r 14=

-521. 1337

d 14=

0. 0001

r 15=

217. 6721

d 15=

5. 9501

n d8 =1. 84666

v d8 =23. 78

r 16=

4. 5340

d 16=

(可变)

r 17=

10. 1062

d 17=

1. 8686

n d9 =1. 60300

v d9 =65. 44

r 18=	46.5940	d 18=	(可変)		
r 19=	-22.5387 (非球面)	d 19=	2.3721	n <sub>d10</sub> =1.58913	v <sub>d10</sub> =61.26
r 20=	-5.8538	d 20=	0.4297		
r 21=	∞	d 21=	0.8000	n <sub>d11</sub> =1.51633	v <sub>d11</sub> =64.14
r 22=	∞	d 22=	0.8000	n <sub>d12</sub> =1.54771	v <sub>d12</sub> =62.84
r 23=	∞	d 23=	0.5000		
r 24=	∞	d 24=	0.5000	n <sub>d13</sub> =1.51633	v <sub>d13</sub> =64.14
r 25=	∞	d 25=	1.3824		
r 27=	∞ (像面)				

非球面係数

第 8 面

$$K = 1.9221$$

$$A_4 = 1.0674 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 7.5509 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -6.9692 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第 1 1 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.4582 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.2034 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 1.1204 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第 1 9 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.8514 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 6.5803 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -9.0686 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E	
f (mm)	4.65117	7.85007	13.29161	
F N0	2.5000	3.4944	4.8337	
2 ω (°)	68.4	41.7	24.7	
d 9	13.35295	7.17214	2.00000	
d 16	1.22323	4.89168	2.01917	
d 18	0.94992	3.89804	12.56077	。

【 0 1 0 6 】

実施例 5

r 1 =	15.9959	d 1 =	2.0000	n <sub>d1</sub> =1.84666	v <sub>d1</sub> =23.78
r 2 =	17.9366 (非球面)	d 2 =	0.8000		
r 3 =	122.3665	d 3 =	1.0000	n <sub>d2</sub> =1.72916	v <sub>d2</sub> =54.68
r 4 =	6.1500	d 4 =	1.9000		
r 5 =	∞	d 5 =	4.1000	n <sub>d3</sub> =1.56883	v <sub>d3</sub> =56.36
r 6 =	∞ (反射面)	d 6 =	3.9000	n <sub>d4</sub> =1.56883	v <sub>d4</sub> =56.36
r 7 =	∞	d 7 =	(可変)		
r 8 =	∞ (絞り)	d 8 =	0.5928		
r 9 =	14.1418 (非球面)	d 9 =	3.0000	n <sub>d5</sub> =1.80610	v <sub>d5</sub> =40.92
r 10=	-138.1914	d 10=	(可変)		
r 11=	9.2691	d 11=	3.2000	n <sub>d6</sub> =1.48749	v <sub>d6</sub> =70.23
r 12=	-18.4588	d 12=	1.0064	n <sub>d7</sub> =1.84666	v <sub>d7</sub> =23.78

r 13=	7.4386	d 13=	0.5000		
r 14=	9.1725	d 14=	2.4000	n <sub>d8</sub> =1.80518	ν <sub>d8</sub> =25.42
r 15=	-16.4170	d 15=	(可変)		
r 16=	44.6119	d 16=	0.8000	n <sub>d9</sub> =1.84666	ν <sub>d9</sub> =23.78
r 17=	8.9511 (非球面)	d 17=	(可変)		
r 18=	11.2550	d 18=	2.6000	n <sub>d10</sub> =1.58913	ν <sub>d10</sub> =61.26
r 19=	673.2282 (非球面)	d 19=	(可変)		
r 20=	∞	d 20=	1.5000	n <sub>d11</sub> =1.51633	ν <sub>d11</sub> =64.14
r 21=	∞	d 21=	1.4400	n <sub>d12</sub> =1.54771	ν <sub>d12</sub> =62.84
r 22=	∞	d 22=	0.8000		
r 23=	∞	d 23=	0.8000	n <sub>d13</sub> =1.51633	ν <sub>d13</sub> =64.14
r 24=	∞	d 24=	1.0000		
r 25=	∞ (像面)				

非球面係数

第2面

K = 0  
A<sub>4</sub> =-2.1855 ×10<sup>-4</sup>  
A<sub>6</sub> = 3.4923 ×10<sup>-7</sup>  
A<sub>8</sub> = 0  
A<sub>10</sub>= 0

第9面

K = 5.1530  
A<sub>4</sub> =-2.4340 ×10<sup>-4</sup>  
A<sub>6</sub> =-7.4872 ×10<sup>-6</sup>  
A<sub>8</sub> = 2.0515 ×10<sup>-7</sup>  
A<sub>10</sub>=-1.0188 ×10<sup>-8</sup>

第17面

K =-3.7152  
A<sub>4</sub> = 1.2209 ×10<sup>-3</sup>  
A<sub>6</sub> =-1.7576 ×10<sup>-5</sup>  
A<sub>8</sub> = 2.5810 ×10<sup>-6</sup>  
A<sub>10</sub>=-1.2193 ×10<sup>-7</sup>

第19面

K = 1.4583  
A<sub>4</sub> =-1.5578 ×10<sup>-4</sup>  
A<sub>6</sub> =-1.1072 ×10<sup>-5</sup>  
A<sub>8</sub> = 5.6481 ×10<sup>-7</sup>  
A<sub>10</sub>=-8.6742 ×10<sup>-9</sup>

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E	
f (mm)	5.43000	10.61200	15.80000	
F N0	2.7116	3.7726	4.5293	
2 ω (°)	63.5	35.7	24.5	
d7	13.12435	4.47821	0.50000	
d10	0.81880	1.71785	0.50000	
d15	0.60000	2.00387	4.09707	
d17	1.40000	8.20925	11.93740	
d19	2.71758	2.25155	1.62627	。



$r_1 =$	49.3427	$d_1 =$	2.0000	$n_{d1} =$	1.84666	$v_{d1} =$	23.78
$r_2 =$	-115.4656	$d_2 =$	0.4000				
$r_3 =$	-52.5304 (非球面)	$d_3 =$	1.0000	$n_{d2} =$	1.69350	$v_{d2} =$	53.21
$r_4 =$	5.8428	$d_4 =$	1.8000				
$r_5 =$	$\infty$	$d_5 =$	4.0000	$n_{d3} =$	1.56883	$v_{d3} =$	56.36
$r_6 =$	$\infty$ (反射面)	$d_6 =$	3.8000	$n_{d4} =$	1.56883	$v_{d4} =$	56.36
$r_7 =$	$\infty$	$d_7 =$	(可変)				
$r_8 =$	$\infty$ (絞り)	$d_8 =$	0.6000				
$r_9 =$	8.0295 (非球面)	$d_9 =$	2.8000	$n_{d5} =$	1.69350	$v_{d5} =$	53.21
$r_{10} =$	-5.9145	$d_{10} =$	0.8000	$n_{d6} =$	1.80440	$v_{d6} =$	39.59
$r_{11} =$	-12.3640	$d_{11} =$	(可変)				
$r_{12} =$	26.8805	$d_{12} =$	0.8000	$n_{d7} =$	1.84666	$v_{d7} =$	23.78
$r_{13} =$	7.1849 (非球面)	$d_{13} =$	(可変)				
$r_{14} =$	10.7803	$d_{14} =$	3.1000	$n_{d8} =$	1.48749	$v_{d8} =$	70.23
$r_{15} =$	-52.9481	$d_{15} =$	(可変)				
$r_{16} =$	$\infty$	$d_{16} =$	1.5000	$n_{d9} =$	1.51633	$v_{d9} =$	64.14
$r_{17} =$	$\infty$	$d_{17} =$	1.4400	$n_{d10} =$	1.54771	$v_{d10} =$	62.84
$r_{18} =$	$\infty$	$d_{18} =$	0.8000				
$r_{19} =$	$\infty$	$d_{19} =$	0.8000	$n_{d11} =$	1.51633	$v_{d11} =$	64.14
$r_{20} =$	$\infty$	$d_{20} =$	1.0000				
$r_{21} =$	$\infty$ (像面)						

非球面係数

第3面

 $K = 0$  $A_4 = 2.6048 \times 10^{-4}$  $A_6 = -3.2365 \times 10^{-6}$  $A_8 = 2.2913 \times 10^{-8}$  $A_{10} = 0$ 

第9面

 $K = 0$  $A_4 = -3.0615 \times 10^{-4}$  $A_6 = -2.0330 \times 10^{-6}$  $A_8 = -1.0403 \times 10^{-7}$  $A_{10} = 0$ 

第13面

 $K = -3.5241$  $A_4 = 1.8328 \times 10^{-3}$  $A_6 = -1.6164 \times 10^{-5}$  $A_8 = 3.5495 \times 10^{-6}$  $A_{10} = -1.2410 \times 10^{-7}$ ズームデータ ( $\infty$ )

	W E	S T	T E
$f$ (mm)	5.38001	8.50001	13.45001
F N0	3.0358	3.8702	4.5606
$2\omega$ (°)	65.8	43.8	28.4
$d_7$	11.53527	6.15290	0.50000
$d_{11}$	2.10162	2.49863	3.68430
$d_{13}$	3.96820	9.09478	10.56416
$d_{15}$	1.75491	1.61369	4.61155

## 実施例 7

$r_1 =$	21.0760	$d_1 =$	1.4000	$n_{d1} =$	1.74320	$v_{d1} =$	49.34
$r_2 =$	7.9352 (非球面)	$d_2 =$	2.8000				
$r_3 =$	$\infty$	$d_3 =$	6.5000	$n_{d2} =$	1.56883	$v_{d2} =$	56.36
$r_4 =$	$\infty$ (反射面)	$d_4 =$	6.0000	$n_{d3} =$	1.56883	$v_{d3} =$	56.36
$r_5 =$	$\infty$	$d_5 =$	0.8000				
$r_6 =$	-18.8610	$d_6 =$	0.8000	$n_{d4} =$	1.72916	$v_{d4} =$	54.68
$r_7 =$	29.7460	$d_7 =$	0.5273				
$r_8 =$	25.1850	$d_8 =$	1.9000	$n_{d5} =$	1.84666	$v_{d5} =$	23.78
$r_9 =$	-121.8149	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	$\infty$ (絞り)	$d_{10} =$	0.8000				
$r_{11} =$	11.8772 (非球面)	$d_{11} =$	1.9992	$n_{d6} =$	1.49700	$v_{d6} =$	81.54
$r_{12} =$	-22.2117	$d_{12} =$	0.3000				
$r_{13} =$	8.0295	$d_{13} =$	1.9997	$n_{d7} =$	1.48749	$v_{d7} =$	70.23
$r_{14} =$	-16.2855	$d_{14} =$	0.7997	$n_{d8} =$	1.64769	$v_{d8} =$	33.79
$r_{15} =$	-52.6732	$d_{15} =$	0.3000				
$r_{16} =$	7.3242	$d_{16} =$	1.3308	$n_{d9} =$	1.84666	$v_{d9} =$	23.78
$r_{17} =$	4.4772	$d_{17} =$	1.2000				
$r_{18} =$	17.2769	$d_{18} =$	1.1317	$n_{d10} =$	1.80610	$v_{d10} =$	40.92
$r_{19} =$	6.2199	$d_{19} =$	(可変)				
$r_{20} =$	9.0812	$d_{20} =$	2.0000	$n_{d11} =$	1.61800	$v_{d11} =$	63.33
$r_{21} =$	19.8406	$d_{21} =$	(可変)				
$r_{22} =$	-34.2139 (非球面)	$d_{22} =$	2.0000	$n_{d12} =$	1.58313	$v_{d12} =$	59.38
$r_{23} =$	-9.7728	$d_{23} =$	1.0032				
$r_{24} =$	$\infty$	$d_{25} =$	1.4400	$n_{d13} =$	1.54771	$v_{d13} =$	62.84
$r_{25} =$	$\infty$	$d_{26} =$	0.8000				
$r_{26} =$	$\infty$	$d_{27} =$	0.8000	$n_{d14} =$	1.51633	$v_{d14} =$	64.14
$r_{27} =$	$\infty$	$d_{28} =$	1.0003				
$r_{28} =$	$\infty$ (像面)						

## 非球面係数

第 2 面

 $K = 0$  $A_4 = -9.3483 \times 10^{-5}$  $A_6 = 1.4787 \times 10^{-7}$  $A_8 = -4.5620 \times 10^{-8}$  $A_{10} = 0$ 

第 1 1 面

 $K = 0$  $A_4 = -2.6863 \times 10^{-4}$  $A_6 = -1.0879 \times 10^{-7}$  $A_8 = 3.8711 \times 10^{-9}$  $A_{10} = 0$ 

第 2 2 面

 $K = 0$  $A_4 = -4.8081 \times 10^{-4}$  $A_6 = 5.9535 \times 10^{-6}$  $A_8 = -1.6767 \times 10^{-7}$  $A_{10} = 0$ ズームデータ ( $\infty$ )

W E

S T

T E

f (mm)	5.80000	9.17005	14.49992
FNO	2.6880	3.4974	4.5402
$2\omega (^{\circ})$	60.8	40.1	25.4
d <sub>9</sub>	14.10553	7.78994	2.48873
d <sub>19</sub>	1.54225	5.16705	2.56297
d <sub>21</sub>	2.32790	5.01801	12.92472

【0109】

## 実施例8

r <sub>1</sub> =	16.1825 (非球面)	d <sub>1</sub> =	1.4000	n <sub>d1</sub> =	1.80610	v <sub>d1</sub> =	40.92
r <sub>2</sub> =	7.3872	d <sub>2</sub> =	3.5000				
r <sub>3</sub> =	$\infty$	d <sub>3</sub> =	6.5000	n <sub>d2</sub> =	1.60311	v <sub>d2</sub> =	60.64
r <sub>4</sub> =	$\infty$ (反射面)	d <sub>4</sub> =	6.0000	n <sub>d3</sub> =	1.60311	v <sub>d3</sub> =	60.64
r <sub>5</sub> =	$\infty$	d <sub>5</sub> =	0.7950				
r <sub>6</sub> =	-27.1461	d <sub>6</sub> =	0.8000	n <sub>d4</sub> =	1.72916	v <sub>d4</sub> =	54.68
r <sub>7</sub> =	20.2982	d <sub>7</sub> =	0.5273				
r <sub>8</sub> =	17.2255	d <sub>8</sub> =	1.9000	n <sub>d5</sub> =	1.84666	v <sub>d5</sub> =	23.78
r <sub>9</sub> =	90.2451	d <sub>9</sub> =	(可変)				
r <sub>10</sub> =	$\infty$ (絞り)	d <sub>10</sub> =	0.8000				
r <sub>11</sub> =	17.0416 (非球面)	d <sub>11</sub> =	1.9965	n <sub>d6</sub> =	1.56384	v <sub>d6</sub> =	60.67
r <sub>12</sub> =	-13.7245	d <sub>12</sub> =	0.5000				
r <sub>13</sub> =	5.5039	d <sub>13</sub> =	3.7857	n <sub>d7</sub> =	1.48749	v <sub>d7</sub> =	70.23
r <sub>14</sub> =	-38.8943	d <sub>14</sub> =	0.8000	n <sub>d8</sub> =	1.69895	v <sub>d8</sub> =	30.13
r <sub>15</sub> =	4.2611	d <sub>15</sub> =	(可変)				
r <sub>16</sub> =	16.8715	d <sub>16</sub> =	2.0000	n <sub>d9</sub> =	1.48749	v <sub>d9</sub> =	70.23
r <sub>17</sub> =	96.4706	d <sub>17</sub> =	(可変)				
r <sub>18</sub> =	-60.1937	d <sub>18</sub> =	2.0000	n <sub>d10</sub> =	1.56384	v <sub>d10</sub> =	60.67
r <sub>19</sub> =	-11.5463 (非球面)	d <sub>19</sub> =	1.0039				
r <sub>20</sub> =	$\infty$	d <sub>20</sub> =	1.4400	n <sub>d11</sub> =	1.54771	v <sub>d11</sub> =	62.84
r <sub>21</sub> =	$\infty$	d <sub>21</sub> =	0.8000				
r <sub>22</sub> =	$\infty$	d <sub>22</sub> =	0.8000	n <sub>d12</sub> =	1.51633	v <sub>d12</sub> =	64.14
r <sub>23</sub> =	$\infty$	d <sub>23</sub> =	1.0021				
r <sub>24</sub> =	$\infty$ (像面)						

## 非球面係数

第1面

K = 0

A<sub>4</sub> = 5.1308 × 10<sup>-5</sup>A<sub>6</sub> = 2.3428 × 10<sup>-7</sup>A<sub>8</sub> = -3.7916 × 10<sup>-9</sup>A<sub>10</sub> = 7.2819 × 10<sup>-11</sup>

第11面

K = 0

A<sub>4</sub> = -1.6960 × 10<sup>-4</sup>A<sub>6</sub> = -1.0587 × 10<sup>-6</sup>A<sub>8</sub> = 5.6885 × 10<sup>-8</sup>A<sub>10</sub> = -2.0816 × 10<sup>-10</sup>

第19面

K = 0

A<sub>4</sub> = 2.9238 × 10<sup>-4</sup>A<sub>6</sub> = -1.4179 × 10<sup>-5</sup>A<sub>8</sub> = 6.7945 × 10<sup>-7</sup>



$A_{10}=-1.6439 \times 10^{-8}$   
ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	5.80001	9.17026	14.49938
F N0	2.6926	3.5230	4.5194
2 ω (°)	61.1	40.1	25.7
d <sub>9</sub>	14.09978	8.00554	2.48873
d <sub>15</sub>	2.47558	7.50212	3.24411
d <sub>17</sub>	3.07729	4.13993	13.92316

。

【 0 1 1 0 】

実施例 9

r <sub>1</sub> =	21.2658	d <sub>1</sub> =	1.0000	n <sub>d1</sub> =	1.74100	ν <sub>d1</sub> =	52.64
r <sub>2</sub> =	8.6245	d <sub>2</sub> =	3.3711				
r <sub>3</sub> =	∞	d <sub>3</sub> =	5.8400	n <sub>d2</sub> =	1.80400	ν <sub>d2</sub> =	46.57
r <sub>4</sub> =	∞ (反射面)	d <sub>4</sub> =	5.4952	n <sub>d3</sub> =	1.80400	ν <sub>d3</sub> =	46.57
r <sub>5</sub> =	∞	d <sub>5</sub> =	0.3221				
r <sub>6</sub> =	300.0000	d <sub>6</sub> =	1.0000	n <sub>d4</sub> =	1.74320	ν <sub>d4</sub> =	49.34
r <sub>7</sub> =	15.3314 (非球面)	d <sub>7</sub> =	0.5979				
r <sub>8</sub> =	15.8974	d <sub>8</sub> =	1.4903	n <sub>d5</sub> =	1.84666	ν <sub>d5</sub> =	23.78
r <sub>9</sub> =	43.0822	d <sub>9</sub> =	(可変)				
r <sub>10</sub> =	∞ (絞り)	d <sub>10</sub> =	0.6000				
r <sub>11</sub> =	63.9771	d <sub>11</sub> =	1.3913	n <sub>d6</sub> =	1.61800	ν <sub>d6</sub> =	63.33
r <sub>12</sub> =	-23.2380	d <sub>12</sub> =	(可変)				
r <sub>13</sub> =	7.9674 (非球面)	d <sub>13</sub> =	2.3478	n <sub>d7</sub> =	1.48749	ν <sub>d7</sub> =	70.23
r <sub>14</sub> =	-68.3182	d <sub>14</sub> =	0.1000				
r <sub>15</sub> =	24.3652	d <sub>15</sub> =	3.3012	n <sub>d8</sub> =	1.84666	ν <sub>d8</sub> =	23.78
r <sub>16</sub> =	7.7880	d <sub>16</sub> =	0.2484				
r <sub>17</sub> =	9.2912	d <sub>17</sub> =	2.1349	n <sub>d9</sub> =	1.72916	ν <sub>d9</sub> =	54.68
r <sub>18</sub> =	-19.4929	d <sub>18</sub> =	0.7000	n <sub>d10</sub> =	1.53172	ν <sub>d10</sub> =	48.84
r <sub>19</sub> =	5.2999	d <sub>19</sub> =	(可変)				
r <sub>20</sub> =	-22.5496 (非球面)	d <sub>20</sub> =	2.5068	n <sub>d11</sub> =	1.58913	ν <sub>d11</sub> =	61.14
r <sub>21</sub> =	-6.5395	d <sub>21</sub> =	1.0000				
r <sub>22</sub> =	∞	d <sub>22</sub> =	1.5000	n <sub>d12</sub> =	1.51633	ν <sub>d12</sub> =	64.14
r <sub>23</sub> =	∞	d <sub>23</sub> =	1.4400	n <sub>d13</sub> =	1.54771	ν <sub>d13</sub> =	62.84
r <sub>24</sub> =	∞	d <sub>24</sub> =	0.8000				
r <sub>25</sub> =	∞	d <sub>25</sub> =	0.8000	n <sub>d14</sub> =	1.51633	ν <sub>d14</sub> =	64.14
r <sub>26</sub> =	∞	d <sub>26</sub> =	1.0894				
r <sub>27</sub> =	∞ (像面)						

非球面係数

第 7 面

K = 0

$A_4=-6.9423 \times 10^{-5}$

$A_6=1.9216 \times 10^{-7}$

$A_8=-2.3395 \times 10^{-8}$

$A_{10}=0$

第 1 3 面

K = 0

$A_4=-2.1881 \times 10^{-4}$

$A_6=-2.0288 \times 10^{-6}$

$A_8=7.6472 \times 10^{-10}$

A10= 0  
第20面  
K = 0  
A4 = -1.0095 × 10<sup>-3</sup>  
A6 = 3.4022 × 10<sup>-8</sup>  
A8 = -1.7165 × 10<sup>-7</sup>  
A10= 0  
ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	5.52179	7.96811	15.98093
F N0	2.4770	2.9873	4.5000
2 ω (°)	64.5	44.7	22.7
d9	17.73448	10.81643	2.00000
d12	1.20000	3.80000	3.50000
d19	2.60300	5.58623	15.86209

【0111】

実施例10

r1 = 24.8917	d1 = 1.0000	nd1 = 1.74100	vd1 = 52.64
r2 = 8.0792	d2 = 2.3760		
r3 = ∞	d3 = 5.2400	nd2 = 1.80400	vd2 = 46.57
r4 = ∞ (反射面)	d4 = 5.0006	nd3 = 1.80400	vd3 = 46.57
r5 = ∞	d5 = 0.2922		
r6 = 300.0000	d6 = 1.0000	nd4 = 1.74320	vd4 = 49.34
r7 = 14.5213 (非球面)	d7 = 0.1000		
r8 = 14.5896	d8 = 1.7517	nd5 = 1.84666	vd5 = 23.78
r9 = 64.9869	d9 = (可変)		
r10 = ∞ (絞り)	d10 = 0.6000		
r11 = 33.4595	d11 = 1.8985	nd6 = 1.61800	vd6 = 63.33
r12 = -11.1499	d12 = 0.7000	nd7 = 1.80518	vd7 = 25.42
r13 = -20.0542	d13 = (可変)		
r14 = 10.2987 (非球面)	d14 = 2.0299	nd8 = 1.48749	vd8 = 70.23
r15 = 18890.0000	d15 = 0.1000		
r16 = 19.8062	d16 = 4.5045	nd9 = 1.84666	vd9 = 23.78
r17 = 9.7836	d17 = 0.2000		
r18 = 11.2175	d18 = 1.7598	nd10 = 1.72916	vd10 = 54.68
r19 = -51.5183	d19 = 0.7000	nd11 = 1.53172	vd11 = 48.84
r20 = 5.5430	d20 = (可変)		
r21 = -23.0137 (非球面)	d21 = 1.9685	nd12 = 1.58913	vd12 = 61.14
r22 = -7.0933	d22 = 1.0000		
r23 = ∞	d23 = 1.5000	nd13 = 1.51633	vd13 = 64.14
r24 = ∞	d24 = 1.4400	nd14 = 1.54771	vd14 = 62.84
r25 = ∞	d15 = 0.8000		
r26 = ∞	d16 = 0.8000	nd15 = 1.51633	vd15 = 64.14
r27 = ∞	d17 = 1.0106		
r28 = ∞ (像面)			

非球面係数  
第7面  
K = 0  
A4 = -8.0580 × 10<sup>-5</sup>  
A6 = 7.6927 × 10<sup>-7</sup>

A<sub>8</sub> = -2.7173 × 10<sup>-8</sup>  
A<sub>10</sub> = 0  
第 1 4 面  
K = 0  
A<sub>4</sub> = -1.1033 × 10<sup>-4</sup>  
A<sub>6</sub> = -1.4285 × 10<sup>-8</sup>  
A<sub>8</sub> = -1.8629 × 10<sup>-8</sup>  
A<sub>10</sub> = 0  
第 2 1 面  
K = 0  
A<sub>4</sub> = -8.5891 × 10<sup>-4</sup>  
A<sub>6</sub> = 1.0215 × 10<sup>-5</sup>  
A<sub>8</sub> = -3.2143 × 10<sup>-7</sup>  
A<sub>10</sub> = 0

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	5.86879	9.99877	17.39648
F N0	2.4340	3.2140	4.5000
2 ω (°)	61.4	35.8	21.0
d <sub>9</sub>	17.88781	8.41716	2.00000
d <sub>13</sub>	1.20000	6.81663	3.50000
d <sub>20</sub>	3.14136	7.01231	16.74709

[ 0 1 1 2 ]

実施例 1 1

r <sub>1</sub> =	41.9739	d <sub>1</sub> =	1.2000	n <sub>d1</sub> =	1.77250	v <sub>d1</sub> =	49.60
r <sub>2</sub> =	11.1642	d <sub>2</sub> =	2.9000				
r <sub>3</sub> =	∞	d <sub>3</sub> =	6.5000	n <sub>d2</sub> =	1.78590	v <sub>d2</sub> =	44.20
r <sub>4</sub> =	∞ (反射面)	d <sub>4</sub> =	6.0000	n <sub>d3</sub> =	1.78590	v <sub>d3</sub> =	44.20
r <sub>5</sub> =	∞	d <sub>5</sub> =	0.3971				
r <sub>6</sub> =	28.0000	d <sub>6</sub> =	1.2000	n <sub>d4</sub> =	1.74330	v <sub>d4</sub> =	49.33
r <sub>7</sub> =	11.3578 (非球面)	d <sub>7</sub> =	0.3457				
r <sub>8</sub> =	9.4845	d <sub>8</sub> =	1.7925	n <sub>d5</sub> =	1.84666	v <sub>d5</sub> =	23.78
r <sub>9</sub> =	14.2959	d <sub>9</sub> =	(可変)				
r <sub>10</sub> =	∞ (絞り)	d <sub>10</sub> =	1.0000				
r <sub>11</sub> =	47.8757	d <sub>11</sub> =	1.9600	n <sub>d6</sub> =	1.72916	v <sub>d6</sub> =	54.68
r <sub>12</sub> =	-9.0806	d <sub>12</sub> =	0.7000	n <sub>d7</sub> =	1.72825	v <sub>d7</sub> =	28.46
r <sub>13</sub> =	-25.4395	d <sub>13</sub> =	(可変)				
r <sub>14</sub> =	9.1761 (非球面)	d <sub>14</sub> =	1.9500	n <sub>d8</sub> =	1.74330	v <sub>d8</sub> =	49.33
r <sub>15</sub> =	75.3616	d <sub>15</sub> =	0.8461				
r <sub>16</sub> =	24.3002	d <sub>16</sub> =	3.8969	n <sub>d9</sub> =	1.74330	v <sub>d9</sub> =	49.33
r <sub>17</sub> =	∞	d <sub>17</sub> =	1.0000	n <sub>d10</sub> =	1.72825	v <sub>d10</sub> =	28.46
r <sub>18</sub> =	4.8249	d <sub>18</sub> =	(可変)				
r <sub>19</sub> =	49.5382	d <sub>19</sub> =	2.7500	n <sub>d11</sub> =	1.69350	v <sub>d11</sub> =	53.20
r <sub>20</sub> =	-10.0407 (非球面)	d <sub>20</sub> =	0.8269				
r <sub>21</sub> =	∞	d <sub>21</sub> =	1.4400	n <sub>d12</sub> =	1.54771	v <sub>d12</sub> =	62.84
r <sub>22</sub> =	∞	d <sub>22</sub> =	0.8000				
r <sub>23</sub> =	∞	d <sub>23</sub> =	0.8000	n <sub>d13</sub> =	1.51633	v <sub>d13</sub> =	64.14
r <sub>24</sub> =	∞	d <sub>24</sub> =	1.0447				
r <sub>25</sub> =	∞ (像面)						

非球面係数



第7面  
K = 0  
A<sub>4</sub> = 2.2504 ×10<sup>-5</sup>  
A<sub>6</sub> = 2.6875 ×10<sup>-6</sup>  
A<sub>8</sub> =-1.2962 ×10<sup>-7</sup>  
A<sub>10</sub>= 2.8718 ×10<sup>-9</sup>

第14面  
K = 0  
A<sub>4</sub> =-9.8664 ×10<sup>-5</sup>  
A<sub>6</sub> = 4.0400 ×10<sup>-6</sup>  
A<sub>8</sub> =-4.4986 ×10<sup>-7</sup>  
A<sub>10</sub>= 1.3851 ×10<sup>-8</sup>

第20面  
K = 0  
A<sub>4</sub> = 5.3089 ×10<sup>-4</sup>  
A<sub>6</sub> =-1.6198 ×10<sup>-5</sup>  
A<sub>8</sub> = 4.4581 ×10<sup>-7</sup>  
A<sub>10</sub>=-4.9080 ×10<sup>-9</sup>

ズームデータ (∞)	W E	S T	T E
f (mm)	6.02622	9.31725	14.28897
F N0	2.7652	3.4888	4.5271
2 ω (°)	62.4	42.8	28.7
d <sub>9</sub>	14.24100	6.97804	2.00694
d <sub>13</sub>	2.10000	6.51339	5.34809
d <sub>18</sub>	2.46549	5.31403	11.45279

【0113】

実施例12

r <sub>1</sub> = -14.2761 (非球面)	d <sub>1</sub> = 5.1000	n <sub>d1</sub> =1.50913	ν <sub>d1</sub> =56.20
r <sub>2</sub> = ∞ (反射面)	d <sub>2</sub> = 5.7941	n <sub>d2</sub> =1.50913	ν <sub>d2</sub> =56.20
r <sub>3</sub> = ∞	d <sub>3</sub> = 2.1000		
r <sub>4</sub> = -6.4892	d <sub>4</sub> = 0.8000	n <sub>d3</sub> =1.64000	ν <sub>d3</sub> =60.07
r <sub>5</sub> = -84.1654	d <sub>5</sub> = 1.1935	n <sub>d4</sub> =1.84666	ν <sub>d4</sub> =23.78
r <sub>6</sub> = -16.8306	d <sub>6</sub> = (可変)		
r <sub>7</sub> = ∞ (絞り)	d <sub>7</sub> = 0.4000		
r <sub>8</sub> = 34.9225 (非球面)	d <sub>8</sub> = 1.4006	n <sub>d5</sub> =1.74330	ν <sub>d5</sub> =49.33
r <sub>9</sub> = -15.2934	d <sub>9</sub> = 0.1500		
r <sub>10</sub> = 6.1210	d <sub>10</sub> = 3.3481	n <sub>d6</sub> =1.61800	ν <sub>d6</sub> =63.33
r <sub>11</sub> = 27.4556	d <sub>11</sub> = 0.8000	n <sub>d7</sub> =1.84666	ν <sub>d7</sub> =23.78
r <sub>12</sub> = 4.9467	d <sub>12</sub> = (可変)		
r <sub>13</sub> = 13.6380	d <sub>13</sub> = 1.4415	n <sub>d8</sub> =1.51633	ν <sub>d8</sub> =64.14
r <sub>14</sub> = -143.7586	d <sub>14</sub> = (可変)		
r <sub>15</sub> = -19.5436	d <sub>15</sub> = 1.3641	n <sub>d9</sub> =1.58913	ν <sub>d9</sub> =61.25
r <sub>16</sub> = -7.1346 (非球面)	d <sub>16</sub> = 0.8000		
r <sub>17</sub> = ∞	d <sub>17</sub> = 1.0500	n <sub>d10</sub> =1.54771	ν <sub>d10</sub> =62.84
r <sub>18</sub> = ∞	d <sub>18</sub> = 0.8000		
r <sub>19</sub> = ∞	d <sub>19</sub> = 0.8000	n <sub>d11</sub> =1.51633	ν <sub>d11</sub> =64.14
r <sub>20</sub> = ∞	d <sub>20</sub> = 0.9669		
r <sub>21</sub> = ∞ (像面)			

非球面係数

第1面  
K = 0  
A<sub>4</sub> = 3.2165 × 10<sup>-4</sup>  
A<sub>6</sub> = -9.1756 × 10<sup>-7</sup>  
A<sub>8</sub> = 4.1788 × 10<sup>-9</sup>  
A<sub>10</sub> = 0.0000

第8面  
K = 0  
A<sub>4</sub> = -1.2083 × 10<sup>-4</sup>  
A<sub>6</sub> = 1.1516 × 10<sup>-7</sup>  
A<sub>8</sub> = -2.9381 × 10<sup>-8</sup>  
A<sub>10</sub> = 0.0000

第16面  
K = 0  
A<sub>4</sub> = 1.3137 × 10<sup>-3</sup>  
A<sub>6</sub> = -2.0878 × 10<sup>-5</sup>  
A<sub>8</sub> = 4.9397 × 10<sup>-7</sup>  
A<sub>10</sub> = 0.0000

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.02898	8.69474	14.52092
FNO	2.6544	3.5217	4.5079
2ω (°)	64.8	38.2	22.6
d <sub>6</sub>	14.61860	7.39251	1.80000
d <sub>12</sub>	3.75585	8.20107	4.39975
d <sub>14</sub>	3.16733	5.96897	15.38987

【0114】以上の実施例1、12の無限遠物点合焦時の収差図をそれぞれ図13、図14に示す。これらの収差図において、(a)は広角端、(b)は中間状態、(c)は望遠端における球面収差SA、非点収差AS、歪曲収差DT、倍率色収差CCを示す。

【0115】次に、上記各実施例における条件(a)～(f)に係わるL、d/L、DFT/f<sub>T</sub>、M<sub>3</sub>/M<sub>2</sub>、f<sub>11</sub>/f<sub>12</sub>、β<sub>Rt</sub>、a、t<sub>LPF</sub>の値を示す。

【0116】

実施例	L	d/L	DFT/f <sub>T</sub>	M <sub>3</sub> /M <sub>2</sub>	f <sub>11</sub> /f <sub>12</sub>
1	5.6	0.72088	0.78471	1.19347	-0.12343
2	6.0	0.79009	0.76004	0.53348	-0.32094
3	5.6	0.71748	0.11496	0.93206	0.36284
4	6.0	0.69413	0.15191	0.92989	0.20195
5	6.64	0.76797	0.25931	第3群は負	0
6	6.64	0.74877	0.27393	第3群は負	0
7	6.64	1.19996	0.17676	0.91213	0.37232
8	6.64	1.17430	0.22374	0.93381	0.39484
9	6.64	0.94629	0.21901	0.85382	0.22917
10	6.64	0.85491	0.20119	0.85523	0.05553
11	6.64	0.94867	0.37452	0.73366	0.09671
12	6.0	1.20313	0.30301	0.95350	1.26698

【0117】

実施例	β <sub>Rt</sub>	a	t <sub>LPF</sub>
1	-1.6884	3.0	1.80
2	-1.19598	3.0	1.80
3	-1.49396	3.0	1.80

4	-1.26884	3.0	0.80
5	-1.51672	3.0	1.55
6	-1.38530	3.0	1.44
7	-1.26560	3.0	1.44
8	-1.30121	3.0	1.44
9	-1.05735	3.0	1.44
10	-1.14882	3.0	1.44
11	-0.86588	3.0	1.44
11	-1.36309	2.5	1.20

【0118】次に、本発明の光路折り曲げズーム光学系の沈胴方式の例について説明する。図15は、具体的に図9の光路折り曲げズーム光学系（実施例9）に適用した例であり、図15（b）は実施例9の光路折り曲げズーム光学系が広角端にある状態（図9（c））の光路折り曲げ光軸を含む断面図であり、この状態において、第1-2群G1-2と第2群G2の間の空間に、第2群G2の2枚のレンズと第1-1群G1-1の光路折り曲げプリズムPを退避させ、空いた空間に第1-1群G1-1の光路折り曲げプリズムPより前の負メニスカスレンズL1を沈胴させて、この光路折り曲げズーム光学系に入射する光軸方向（カメラの奥行き方向）の厚さを薄くしている。なお、第2群G2より像面I側に空間がある場合には、光路折り曲げプリズムPと第1-2群G1-2だけでなく、第2群G2等を含めて像面I側に退避させるようにしてもよい。

【0119】図16は、光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーMで構成した場合の1つの沈胴方式の概念図であり、ミラーMを破線の位置に倒し、かつ、そのミラーMよりも像面I側のレンズL2、L3も破線の位置に倒して、この光路折り曲げズーム光学系に入射する光軸方向（カメラの奥行き方向）の厚さを薄くするようにしている。

【0120】図17は、光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーMで構成した場合の別の沈胴方式の概念図であり、ミラーMを破線の位置に倒し、空いた空間にそのミラーMよりも物体側のレンズ群LGを沈胴させて、同様に厚さを薄くしている。なお、ミラーMを倒すのではなく、図15のように、折り曲げ後の光軸に沿って退避させるようにしてもよい。

【0121】図18は、光路折り曲げ用の反射光学素子を液体プリズムあるいは変形可能なプリズムLPで構成し（図18（a））、収納時に液体を抜く等して図18（b）のようにつぶして薄くすることもでき、その空いた空間にプリズムLPよりも物体側のレンズ群を沈胴させるなり（図17）、他のレンズを倒すなり（図16）して同様に厚さを薄くすることもできる。

【0122】また、本発明の光路折り曲げズーム光学系において、光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成することもできる。形状可変ミラーは、変形可能なフィルムに反射ミラーコーティングを施した反射

ミラーであり、折り畳みあるいは巻き取りによって退避させることが可能である。

【0123】また、光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成する場合に、形状可変ミラーを変形させて合焦させるようにすることも可能である。図19にその概念図を示す。近距離の物体に対しての合焦は、無限遠合焦時に平面の形状可変ミラーDMの反射面を図示の矢印で示したように凹面に変えることにより、形状可変ミラーDMの面形状のみの変更で行っている。近距離合焦の際に、形状可変ミラーDMの面形状を反射面の有効面内で非球面形状とする。特に、反射面にパワーを持たせた場合、回転対称な反射面形状であると、その反射面に偏心して入射することによる偏心収差が発生する。そのため、形状可変ミラーDMの面形状を回転非対称な曲面とすることが望ましい。

【0124】また、偏心により軸外において回転非対称な歪曲収差等が発生する。偏心により発生する面对称な偏心収差を補正するために、形状可変ミラーDMの面形状を、図20に示すように、形状可変ミラーDMの反射面に入射し反射する光軸を含む平面を唯一の対称面とした面对称な曲面に変形することが望ましい。

【0125】図19の構成の場合、形状可変ミラーDMは無遠合焦時に平面であるが、近距離物点への合焦時には、図20に示すように、対称面を1面のみとする回転非対称非球面に変形することで、近距離合焦時における偏心収差を補正することができる。このような構成により、電子撮像装置全体の小型化と性能の維持が達成される。

【0126】図21は、形状可変ミラーDMの反射面を矢印方向にチルトすることにより手ブレ補正を行った例である。図19の状態では手ブレを起こしていない場合であり、図21は形状可変ミラーDMの反射面をチルトする手ブレ補正機能が働いた状態である。撮影方向に対して撮像装置が図21のように下を向いた際には、図に示すように、形状可変ミラーDMの反射面の傾きを破線から実線位置へ変えることで、入射光軸が傾かないようになっている。その際に収差の変動を抑えるように、形状可変ミラーDMの面形状全体も変更することが望ましい。

【0127】なお、本発明の光路折り曲げ用の反射光学素子の反射面にパワーを持たせ、その面形状を自由曲面

等で構成してもよい。あるいは、反射光学素子の反射面をホログフィック光学素子（HOE）で構成してもよい。

【0128】また、その反射光学素子を実施例1～12のように光路折り曲げプリズムPで構成する場合に、その光路折り曲げプリズムPの前後に配置されるレンズとプリズムPを接合するように構成してもよい。

【0129】ところで、本発明の光路折り曲げズーム光学系を用いてデジタルカメラのような電子撮像装置を構成する場合に、光路折り曲げズーム光学系とCCDのような電子撮像素子との間に、光路分割素子を配置して撮影光路をファインダー光路に分割するようにしてもよい。その例を図22に示す。図22は、デジタルカメラ40の正面図であり、この場合の光路折り曲げズーム光学系は90°光路を折り曲げる反射光学素子M1とその像面側に配置されているレンズ群LAとからなり、像面に撮像素子のCCD49が配置されている。そして、レンズ群LAとCCD49の間にハーフミラーのような光路分割素子M2が配置されており、反射光学素子M1での反射前後の光軸を含む平面に対し略垂直の側（図では上側）に光路が分割される。もちろん、光路分割素子M2はファインダー光路に光束を導くときのみ挿入される反射面であってもよい。光路分割素子M2で反射された光路は、別の反射面M3により、光路分割素子M2での

反射前後の光軸を含む平面内で90°折り曲げられ、さらに第4の反射面M4により90°折り曲げられ、光軸が反射光学素子M1に入射する光軸と略平行に射出するようになっている。図22では、接眼光学系は図示されていないが、第4の反射面M4の射出側あるいはその反射面M4を含んだ前後に接眼光学系が配置され、第4の反射面M4の射出側に位置する観察者の眼球によって被写体の観察像が観察される。

【0130】ところで、実施例1～12のローパスフィルターLFは何れも3枚重ねで構成している。もちろん、上述の実施例は、例えばローパスフィルターLFを1枚で構成する等、前記した構成の範囲内で種々変更可能である。

【0131】以上の各実施例において、最終レンズ群の像側には、図示のように、近赤外カットフィルターIF又は近赤外カットコート面ICを入射面側に施したローパスフィルターLFを有している。この近赤外カットフィルターIF、近赤外カットコート面ICは、波長600nmでの透過率が80%以上、波長700nmでの透過率が10%以下となるように構成されている。具体的には、例えば次のような27層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は780nmである。

【0132】

基 板	材質	物理的膜厚 (nm)	$\lambda/4$
第1層	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58.96	0.50
第2層	TiO <sub>2</sub>	84.19	1.00
第3層	SiO <sub>2</sub>	134.14	1.00
第4層	TiO <sub>2</sub>	84.19	1.00
第5層	SiO <sub>2</sub>	134.14	1.00
第6層	TiO <sub>2</sub>	84.19	1.00
第7層	SiO <sub>2</sub>	134.14	1.00
第8層	TiO <sub>2</sub>	84.19	1.00
第9層	SiO <sub>2</sub>	134.14	1.00
第10層	TiO <sub>2</sub>	84.19	1.00
第11層	SiO <sub>2</sub>	134.14	1.00
第12層	TiO <sub>2</sub>	84.19	1.00
第13層	SiO <sub>2</sub>	134.14	1.00
第14層	TiO <sub>2</sub>	84.19	1.00
第15層	SiO <sub>2</sub>	178.41	1.33
第16層	TiO <sub>2</sub>	101.03	1.21
第17層	SiO <sub>2</sub>	167.67	1.25
第18層	TiO <sub>2</sub>	96.82	1.15
第19層	SiO <sub>2</sub>	147.55	1.05
第20層	TiO <sub>2</sub>	84.19	1.00
第21層	SiO <sub>2</sub>	160.97	1.20
第22層	TiO <sub>2</sub>	84.19	1.00
第23層	SiO <sub>2</sub>	154.26	1.15
第24層	TiO <sub>2</sub>	95.13	1.13



第25層	SiO <sub>2</sub>	160.97	1.20
第26層	TiO <sub>2</sub>	99.34	1.18
第27層	SiO <sub>2</sub>	87.19	0.65

空 気

【0133】上記の近赤外シャープカットコート of 透過率特性は図23に示す通りである。

【0134】また、ローパスフィルターLFの射出面側には、図24に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか若しくはコーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。

【0135】具体的には、このフィルター若しくはコーティングにより、波長400nm〜700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。

【0136】それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

【0137】上記の400nmの波長の透過率の比が6%を越えると、人間の目では認識され難い単波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%よりも小さいと、人間の認識し得る波長域の再生が低くなり、色のバランスが悪くなる。

【0138】このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

【0139】上記各実施例では、図24に示すように、波長400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を90%、440nmにて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。

【0140】前記した近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450nmの透過率99%をピークとして、400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を80%、600nmにおける透過率を82%、700nmにおける透過率を2%としている。それにより、より忠実な色再現を行っている。

【0141】また、ローパスフィルターLFは、像面上投影時の方位角度が水平(=0°)と±45°方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用しており、それぞれについて、水平にaμm、±45°方向にそれぞれSQRT(1/2)×aだけずらすことで、モアレ抑制を行っている。ここで、SQRTは前記のようにスクエアルートであり平方根を意味する。

【0142】また、CCDの撮像面I上には、図25に

示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン(緑)の4色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。

【0143】補色モザイクフィルターは、具体的には、図25に示すように少なくとも4種類の色フィルターから構成され、その4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。

【0144】グリーンの色フィルターGは波長Gpに分光強度のピークを有し、イエローの色フィルターYeは波長Ypに分光強度のピークを有し、シアンの色フィルターCは波長Cpに分光強度のピークを有し、マゼンダの色フィルターMは波長Mp1とMp2にピークを有し、以下の条件を満足する。

【0145】 $510\text{ nm} < Gp < 540\text{ nm}$   
 $5\text{ nm} < Yp - Gp < 35\text{ nm}$   
 $-100\text{ nm} < Cp - Gp < -5\text{ nm}$   
 $430\text{ nm} < Mp1 < 480\text{ nm}$   
 $580\text{ nm} < Mp2 < 640\text{ nm}$

さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長530nmでは80%以上の強度を有し、マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長530nmでは10%から50%の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0146】上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図26に示す。グリーンの色フィルターGは525nmに分光強度のピークを有している。イエローの色フィルターYeは555nmに分光強度のピークを有している。シアンの色フィルターCは510nmに分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルターMは445nmと620nmにピークを有している。また、530nmにおける各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、Gは99%、Yeは95%、Cは97%、Mは38%としている。

【0147】このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラー(若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー)で、電氣的に次のような信号処理を行い、

輝度信号  
 $Y = |G + M + Ye + C| \times 1/4$

色信号

$$R-Y=|(M+Y_e)-(G+C)|$$

$$B-Y=|(M+C)-(G+Y_e)|$$

の信号処理を経てR（赤）、G（緑）、B（青）の信号に変換される。

【0148】ところで、上記した近赤外シャープカットコート配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。また、ローパスフィルターLFの枚数も前記した通り2枚でも1枚でも構わない。

【0149】また、各実施例の明るさ絞りの部分についての詳細を図27示す。ただし、この図は4群構成の場合であり、第1群G1（第1-1群G1-1+第1-2群G1-2）における光路折り曲げプリズムPは省いて図示してある。撮像光学系の第1群G1と第2群G2との間の光軸上の絞り位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10を配置している。ターレット10には、0段の調整をする開口形状が直径約4mmの円形で固定の空間からなる開口1A（波長550nmに対する透過率は100%）と、-1段補正するために開口1Aの開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の透明な平行平板（波長550nmに対する透過率は99%）からなる開口1Bと、開口1Bと同じ面積の円形開口部を有し、-2段、-3段、-4段に補正するため、各々波長550nmに対する透過率が50%、25%、13%のNDフィルターが設けられた開口部1C、1D、1Eとを有している。

【0150】そして、ターレット10の回転軸11の周りの回転により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0151】また、実効Fナンバー $F_{no'}$ が $F_{no'} > a/0.4\mu m$ となるとときに、開口内に波長550nmに対する透過率が80%未満のNDフィルターが配される構成としている。具体的には、実施例1では、望遠端の実効F値が上記式を満たすのは、絞り開放時（0段）に対して-2段とした実行F値が9.0となるとときであり、そのときに対応する開口は1Cとなる。それにより、絞りの回折現象による像の劣化を抑えている。

【0152】また、図27に示すターレット10に代えて、図28（a）に示すターレット10'を用いた例を示す。撮像光学系の第1群G1と第2群G2との間の光軸上の明るさ絞り位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10'を配置している。ターレット10'には、0段の調整をする開口形状が直径約4mmの円形で固定の開口1A'と、-1段補正するために開口1A'の開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の開口1B'と、さらに開口面積が順に小さくなり、-2段、-3段、-4段に補正するための形状が固定の開口部1C'、1D'、1E'とを有している。そして、ターレット10'の回転軸11の周りの回転により何れかの開口を絞

り位置に配することで光量調節を行っている。

【0153】また、これら複数の開口の中の1A'から1D'にそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを配している。そして、図28（b）に示すように、開口径が小さくなる程光学フィルターの空間周波数特性を高く設定しており、それにより絞り込むことによる回折現象による像の劣化を抑えている。なお、図28（b）の各曲線は、ローパスフィルターのみの空間周波数特性を示すものであり、各絞りの回折も含めた特性は何れも等しくなるように設定しているものである。

【0154】さて、以上のような本発明の電子撮像装置は、ズームレンズ等の結像光学系で物体像を形成しその像をCCDや銀塩フィルムといった撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0155】図29～図31は、本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系41に組み込んだ構成の概念図を示す。図29はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図30は同後方斜視図、図31はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば実施例2の光路折り曲げズーム光学系を通して撮影が行われる。撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットフィルターIFと光学的ローパスフィルターLFを介してCCD49の撮像面上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピー（登録商標）ディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0156】さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材であるポロプリズム55の視野枠57上に形成される。このポロプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側

にそれぞれカバー部材50が配置されている。

【0157】このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、フィルター等が配置できるバックフォーカスの大きなズームレンズであるので、高性能・低コスト化が実現できる。

【0158】なお、図31の例では、カバー部材50として平行平板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

【0159】次に、本発明の結像光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンが図32～図34に示される。図32はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図33はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図34は図32の状態の側面図である。図32～図34に示されるように、パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってもよい。

【0160】この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明による光路折り曲げズーム光学系（図では略記）からなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

【0161】ここで、撮像素子チップ162上には光学的ローパスフィルターLFが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0162】撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力され、電子画像としてモニター302に表示される。図32には、その一例として、操作者の撮影された画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

【0163】次に、本発明の結像光学系が撮影光学系と

して内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話が図35に示される。図35

（a）は携帯電話400の正面図、図35（b）は側面図、図35（c）は撮影光学系405の断面図である。図35（a）～（c）に示されるように、携帯電話400は、操作者の声を情報として入力するマイク部401と、通話相手の声を出力するスピーカ部402と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル403と、操作者自身や通話相手等の撮映像と電話番号等の情報を表示するモニター404と、撮影光学系405と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ406と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。ここで、モニター404は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配置された本発明による光路折り曲げズーム光学系（図では略記）からなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

【0164】ここで、撮像素子チップ162上には光学的ローパスフィルターLFが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0165】撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター404に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ162で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0166】以上の本発明の電子撮像装置は例えば次のように構成することができる。

【0167】〔1〕 広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0168】〔2〕 最も物体側のレンズから前記変倍時に可動な全ての群の中最も物体側の面の直前までの部分系の合成焦点距離が負である上記1記載の電子撮像装置。

【0169】〔3〕 物体側より順に、負レンズ群と光



路折り曲げのための反射光学素子とにて構成された第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側にのみ移動する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0170】〔4〕 物体側より順に、入射面、射出面の少なくとも一方が凹面である光路折り曲げのための反射光学素子であるプリズムを含む第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側へ単調に移動するような光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0171】〔5〕 前記第2群の像側に正の屈折力を有する第3群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群と第3群が相対的間隔を変えながら移動することを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0172】〔6〕 沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記反射光学素子よりも物体側にある負レンズ群を収納することを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0173】〔7〕 物体側より順に、負の第1レンズ群、光路折り曲げのための反射光学素子、正の第2レンズ群を有し、沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記第1レンズ群を収納する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0174】〔8〕 前記第1レンズ群の収納時、前記第2レンズ群が撮影時の最も像面から離れた位置よりも像側に退避することを特徴とする上記7記載の電子撮像装置。

【0175】〔9〕 前記反射光学素子を薄板に反射ミラーコーティングを施した反射ミラーで構成し、前記収納時、前記反射ミラーを反射面が折り曲げ前の光軸と垂直な方向にチルトすることを特徴とする上記6又は7記載の電子撮像装置。

【0176】〔10〕 前記反射光学素子が像面方向に退避することを特徴とする上記8記載の電子撮像装置。

【0177】〔11〕 反射光学素子を含む撮影光学系と電子撮像素子との間に、前記反射光学素子での反射前後の光軸を含む平面に対し略垂直の側にも光路を分割する第2の反射面を設け、その反射側に沿って前記第2の反射面の法線に対し略直角である法線を有し、かつ、前記第2の反射面の光軸を含む入射平面と略同一の入射平面を有する第3の反射面を設け、さらに、反射後の光路が前記撮影光学系の入射側の光軸と略平行に射出するように第4の反射面を設けたことを特徴とする電子撮像装置。

【0178】〔12〕 前記反射光学素子の反射面の直

前の屈折面から反射面の直後の屈折面までの光軸上の空気換算長 $d$ が以下の条件(a)を満足することを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0179】(a)  $0.5 < d/L < 1.6$

ただし、 $L$ は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0180】〔13〕 前記反射面により光路を折り曲げる方向の画角が $25^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合は以下の条件(a-1)を満足し、前記画角が $19^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合は以下の条件(a-2)を満足することを特徴とする上記12記載の電子撮像装置。

【0181】(a-1)  $0.8 < d/L < 1.4$

(a-2)  $0.5 < d/L < 1.0$

〔14〕 前記反射光学素子を、平面部を有するプリズムの平面部に平凹レンズが接合した接合プリズムで構成したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0182】〔15〕 最も物体側に正レンズを配したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0183】〔16〕 前記ズーム光学系の最も像面側に非球面を有する単レンズにて構成した最終群を有することを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0184】〔17〕 前記最終群は固定であることを特徴とする上記16記載の電子撮像装置。

【0185】〔18〕 前記ズーム光学系の最も像面側に最終群を配し、前記最終群を除く前記第2群以降の群でフォーカシングを行うことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0186】〔19〕 前記ズーム光学系の最も像面側に最終群を配し、前記最終群から物体側に2番目の群でフォーカシングを行うことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0187】〔20〕 前記最終群から物体側に2番目の群と3番目の群の望遠端での無限遠物点合焦時の光軸上空気間隔 $D_{FT}$ が以下の条件式を満足することを特徴とする上記19記載の電子撮像装置。

【0188】(b)  $0.1 < D_{FT}/f_T < 1.5$

ただし、 $f_T$ は望遠端での無限遠物点合焦時の全系焦点距離である。

【0189】〔21〕 無限遠合焦時に広角端から望遠端に変倍する際の前記第2群、前記第3群のそれぞれの移動量 $M_2$ 、 $M_3$ の比が以下の条件(c)を満足することを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

【0190】(c)  $0.5 < M_3/M_2 < 2.0$

〔22〕 前記第1-2群を含みそれよりも物体側の群全体は変倍時、フォーカシング時共に固定であることを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0191】〔23〕 前記第1-2群は、物体側から



順に、負レンズ、正レンズの2枚若しくは正レンズ1枚から構成したことを特徴とする上記3、4、5の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0192】〔24〕 前記第1-1群における光路を折り曲げるための前記反射光学素子より物体側の負レンズ群は、物体側に凸の負レンズ1枚のみであることを特徴とする上記3記載の電子撮像装置。

【0193】〔25〕 前記第1-1群と前記第1-2群のパワー比が以下の条件(d)を満足することを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0194】

(d)  $-0.8 < f_{11}/f_{12} < 0.9$

ただし、 $f_{11}$ は第1-1群の焦点距離、 $f_{12}$ は第1-2群の焦点距離である。

【0195】〔26〕 前記第2群又は前記第3群の何れか一方が単レンズであることを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

【0196】〔27〕 前記第2群又は前記第3群の何れか一方が単レンズで構成され、他方の群が少なくとも凹レンズを含むことを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

【0197】〔28〕 前記第2群と前記第3群は変倍時に相対的間隔を変えながら同一方向に移動することを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

【0198】〔29〕 望遠端において以下の条件(e)を満足することを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

【0199】(e)  $0.7 < -\beta_{Rt} < 2.1$

ただし、 $\beta_{Rt}$ は第2群以降の望遠端における合成倍率(無限遠物点)である。

【0200】〔30〕 前記ズーム光学系後方にある電子撮像素子よりも物体側に、600nmでの透過率が80%以上、700nmでの透過率が10%以下の近赤外シャープカットコートを用いたフィルターを配したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0201】〔31〕 前記電子撮像素子が補色モザイクフィルターを有することを特徴とする上記30記載の電子撮像装置。

【0202】〔32〕 前記ズーム光学系後方にある電子撮像素子よりも物体側に総厚 $t_{LPF}$ (mm)が以下の条件(f)を満たす光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0203】

(f)  $0.15a < t_{LPF} < 0.45a$

ただし、 $a$ は電子撮像素子の水平画素ピッチ(単位 $\mu m$ )であり、 $a$ は5 $\mu m$ 以下である。

【0204】〔33〕 前記ズーム光学系後方にある電子撮像素子よりも物体側に総厚 $t_{LPF}$ (mm)が以下の

条件(f')を満たす光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0205】

(f')  $0.13a < t_{LPF} < 0.42a$

ただし、 $a$ は電子撮像素子の水平画素ピッチ(単位 $\mu m$ )であり、 $a$ は4 $\mu m$ 以下である。

【0206】〔34〕 開口形状が固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1群の最も像側のレンズ面と第3群の最も物体側のレンズ面の間の何れかの光路内に挿入可能であり、かつ、他の開口と交換可能とすることで像面照度の調節を行うことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0207】〔35〕 前記複数の開口の中、一部の開口内に550nmに対する透過率が80%未満である媒体を有すると共に、他の一部の開口の波長550nmに対する透過率を80%以上としたことを特徴とする上記34記載の電子撮像装置。

【0208】〔36〕 ズーム光学系の焦点距離と入射瞳の直径から求まるFナンバーを $F_{no}$ 、前記開口における波長550nmにおける透過率を $T$ としたときの $F_{no}/\sqrt{T}$ を実効 $F_{no}'$ とし、前記電子撮像素子の水平画素ピッチを $a$ とすると、 $F_{no}' > a(\mu m)/0.4\mu m$ となるような実効Fナンバーに相当する光量になるように調節する場合は、開口内に550nmに対する透過率 $T$ が80%未満の媒体を備えた開口を前記ズーム光学系の光路に挿入するようにしたことを特徴とする上記34記載の電子撮像装置。

【0209】〔37〕 前記複数の開口の中の複数のそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする上記34記載の電子撮像装置。

【0210】〔38〕 収納時に少なくとも反射光学素子以外の1枚のレンズをチルト移動させることで撮影時よりも薄く収納することを特徴とする上記1記載の電子撮像装置。

【0211】〔39〕 前記反射光学素子をプリズムにて構成し、前記プリズムの外壳を固体で形成し、内部を液体で充填し、前記ズーム光学系の沈胴時に前記液体を抜くことにより薄く変形させることを特徴とする上記1、3、4、6の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0212】〔40〕 前記第4の反射面により反射された光束を観察者眼球に導くファインダー光路としたことを特徴とする上記11記載の電子撮像装置。

【0213】〔42〕 前記反射光学素子を移動させることで撮影方向を変更可能としたことを特徴とする上記1、3、4、6、11の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0214】〔43〕 広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍

時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に入射面・射出面の少なくとも一方が曲率を有する面である光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0215】〔44〕 前記光路を折り曲げるための反射光学素子が前記光路折り曲げズーム光学系の最も物体側に配置されていることを特徴とする上記43記載の電子撮像装置。

【0216】〔45〕 前記光路を折り曲げるための反射光学素子は入射面が物体側に凹面を向いていることを特徴とする上記43又は44記載の電子撮像装置。

【0217】〔46〕 前記光路を折り曲げるための反射光学素子は入射面が非球面であることを特徴とする上記45記載の電子撮像装置。

【0218】〔47〕 前記光路を折り曲げるための反射光学素子は射出面が平面であることを特徴とする上記46記載の電子撮像装置。

【0219】〔48〕 前記の広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと少なくとも1つの負レンズとからなり、少なくとも1つずつの正レンズと負レンズが互いに接合されていることを特徴とする上記43から47の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0220】〔49〕 前記の広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと1つの負レンズとからなり、前記負レンズが少なくとも一方の正レンズと互いに接合されていることを特徴とする上記43から47の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0221】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明により、沈胴厚が薄く、収納性に優れ、かつ、高倍率でリアフォーカスにおいても結像性能の優れたズームレンズを得ることができ、ビデオカメラやデジタルカメラの徹底的薄型化を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電子撮像装置に用いられる光路折り曲げズーム光学系の実施例1の無限遠物点合焦時の望遠端(a)、中間状態(b)、広角端(c)でのレンズ断面図である。

【図2】実施例2の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図3】実施例3の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図4】実施例4の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図5】実施例5の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図6】実施例6の光路折り曲げズーム光学系の図1と

同様のレンズ断面図である。

【図7】実施例7の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図8】実施例8の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図9】実施例9の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図10】実施例10の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図11】実施例11の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図12】実施例12の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図13】実施例1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図14】実施例12の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図15】本発明の光路折り曲げズーム光学系の沈胴方式の1例を説明するための図である。

【図16】光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーで構成した場合の1つの沈胴方式の概念図である。

【図17】光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーで構成した場合の別の沈胴方式の概念図である。

【図18】光路折り曲げ用の反射光学素子を液体プリズムあるいは変形可能なプリズムで構成した場合の別の沈胴方式の概念図である。

【図19】光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成する場合の合焦方式の概念図である。

【図20】形状可変ミラーの面形状を説明するための概念図である。

【図21】光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成する場合の手ブレ補正方式の概念図である。

【図22】光路折り曲げズーム光学系からファインダー光路を分割する構成の概念図である。

【図23】近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示す図である。

【図24】ローパスフィルターの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示す図である。

【図25】補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図26】補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示す図である。

【図27】各実施例の明るさ絞りの部分の一例の詳細を示す斜視図である。

【図28】各実施例の明るさ絞りの部分の別の例の詳細を示す図である。

【図29】本発明による光路折り曲げズーム光学系を組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図30】図29のデジタルカメラの後方斜視図であ

る。

【図31】図29のデジタルカメラの断面図である。

【図32】本発明による光路折り曲げズーム光学系を対物光学系として組み込んだパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

【図33】パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図34】図32の状態の側面図である。

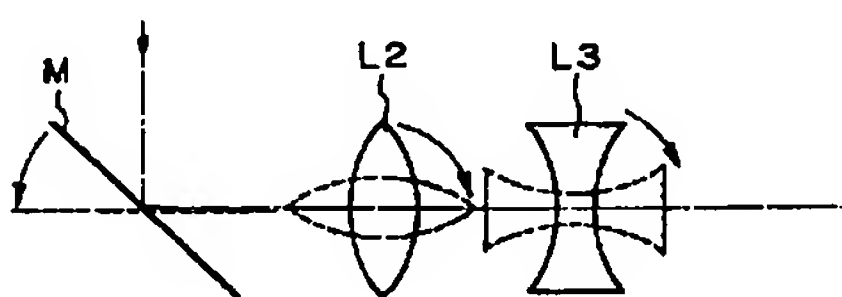
【図35】本発明による光路折り曲げズーム光学系を対物光学系として組み込んだ携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

【符号の説明】

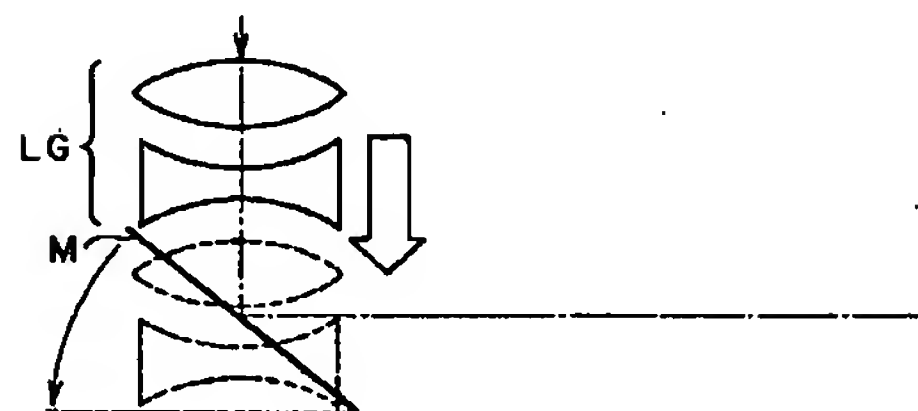
G1…第1群  
G1-1…第1-1群  
G1-2…第1-2群  
G2…第2群  
G3…第3群  
G4…第4群  
G5…第5群  
P…光路折り曲げプリズム  
S…開口絞り（独立の場合）  
IF…近赤外カットフィルター  
IC…近赤外カットコート面  
LF…光学的ローパスフィルター  
CG…カバーガラス  
I…像面  
E…観察者眼球  
L1…負メニスカスレンズ  
M…光路折り曲げ用ミラー  
L2、L3…レンズ  
LG…レンズ群  
LP…液体プリズム、変形可能なプリズム  
DM…形状可変ミラー  
M1…反射光学素子  
LA…レンズ群  
M2…光路分割素子  
M3、M4…反射面  
1A、1B、1C、1D、1E…開口  
1A'、1B'、1C'、1D'、1E'…開口  
10…ターレット

10'…ターレット  
11…回転軸  
40…デジタルカメラ  
41…撮影光学系  
42…撮影用光路  
43…ファインダー光学系  
44…ファインダー用光路  
45…シャッター  
46…フラッシュ  
47…液晶表示モニター  
49…CCD  
50…カバー部材  
51…処理手段  
52…記録手段  
53…ファインダー用対物光学系  
55…ポロプリズム  
57…視野枠  
59…接眼光学系  
112…対物レンズ  
113…鏡枠  
114…カバーガラス  
160…撮像ユニット  
162…撮像素子チップ  
166…端子  
300…パソコン  
301…キーボード  
302…モニター  
303…撮影光学系  
304…撮影光路  
305…画像  
400…携帯電話  
401…マイク部  
402…スピーカ部  
403…入力ダイアル  
404…モニター  
405…撮影光学系  
406…アンテナ  
407…撮影光路

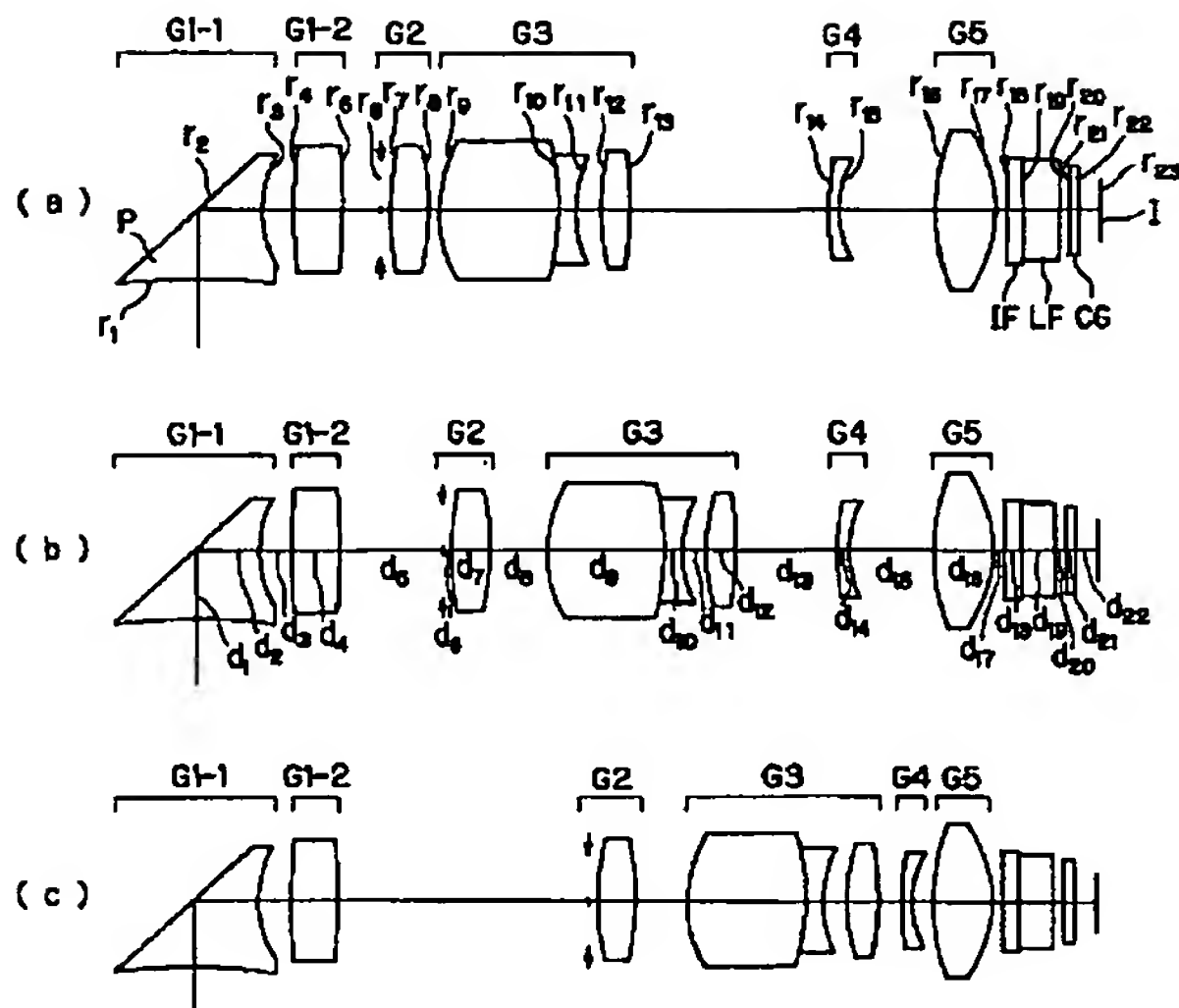
【図16】



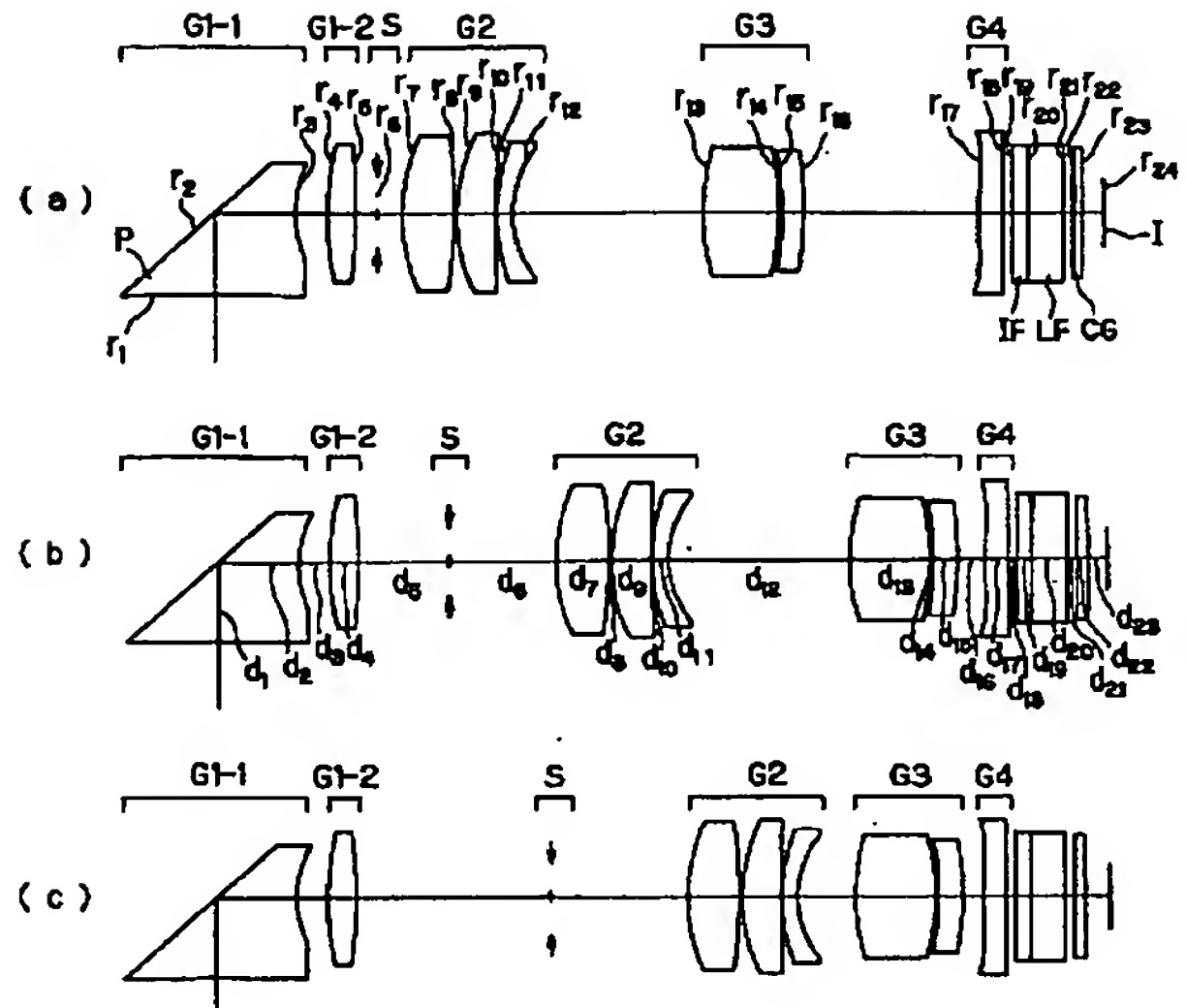
【図17】



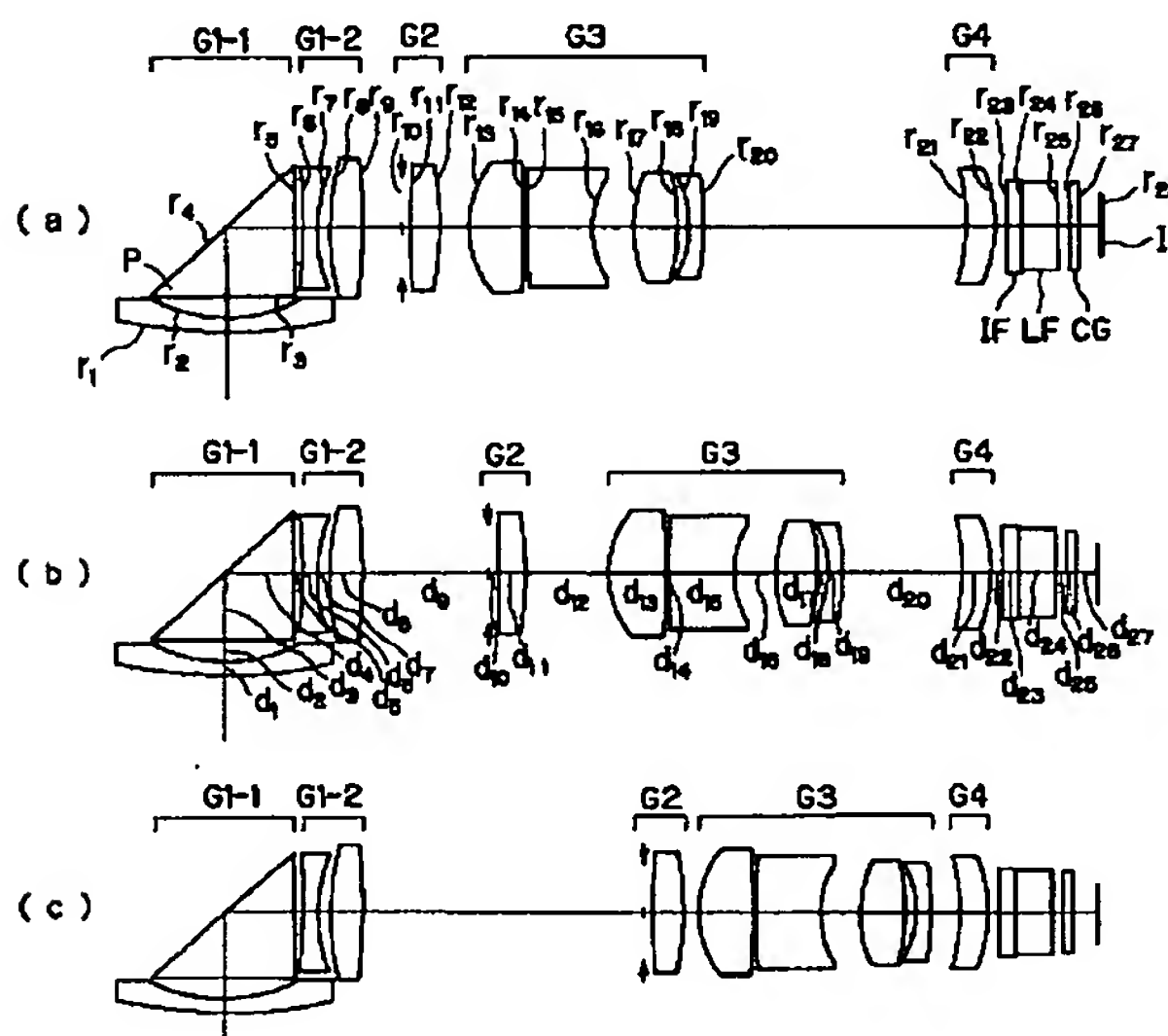
【図1】



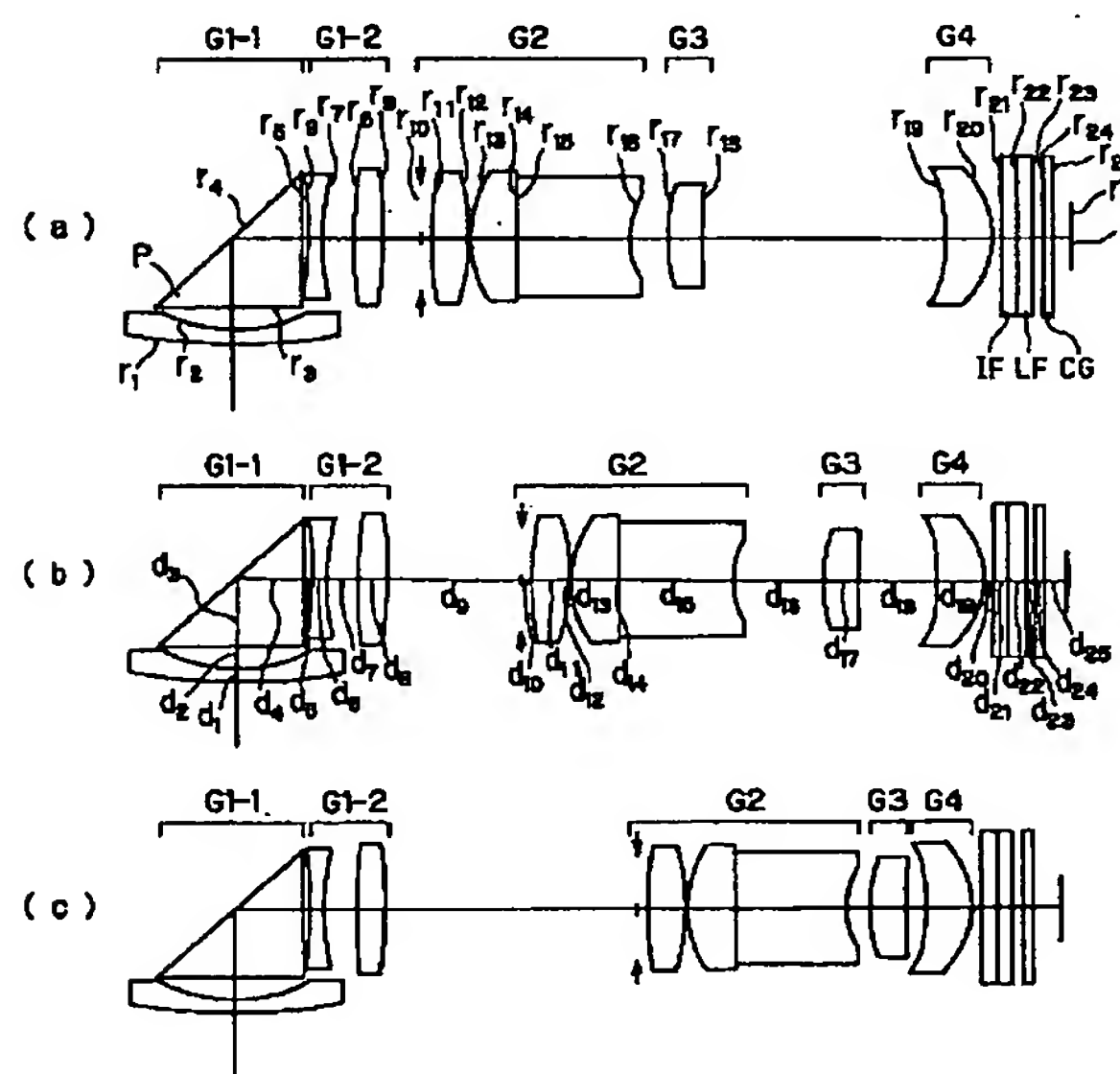
【図2】



【図3】



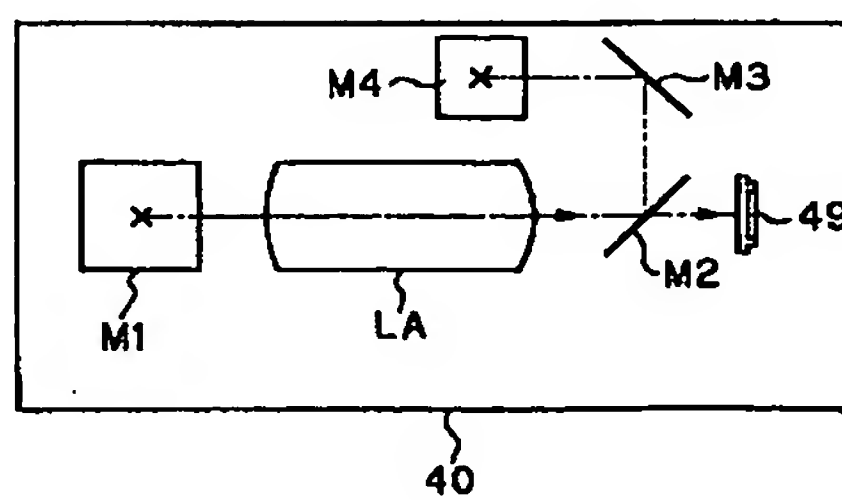
【図4】



【図18】

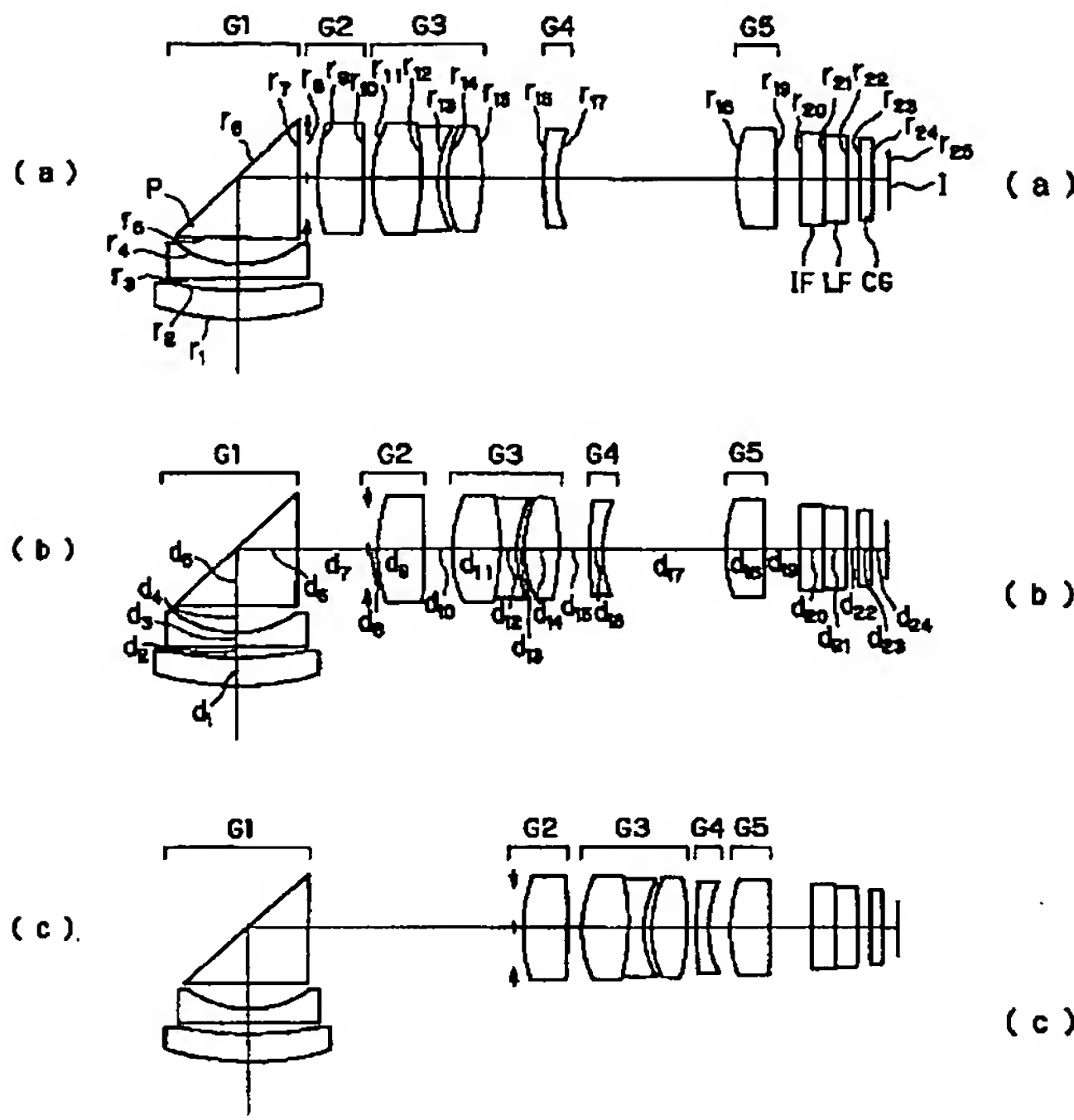


【図22】

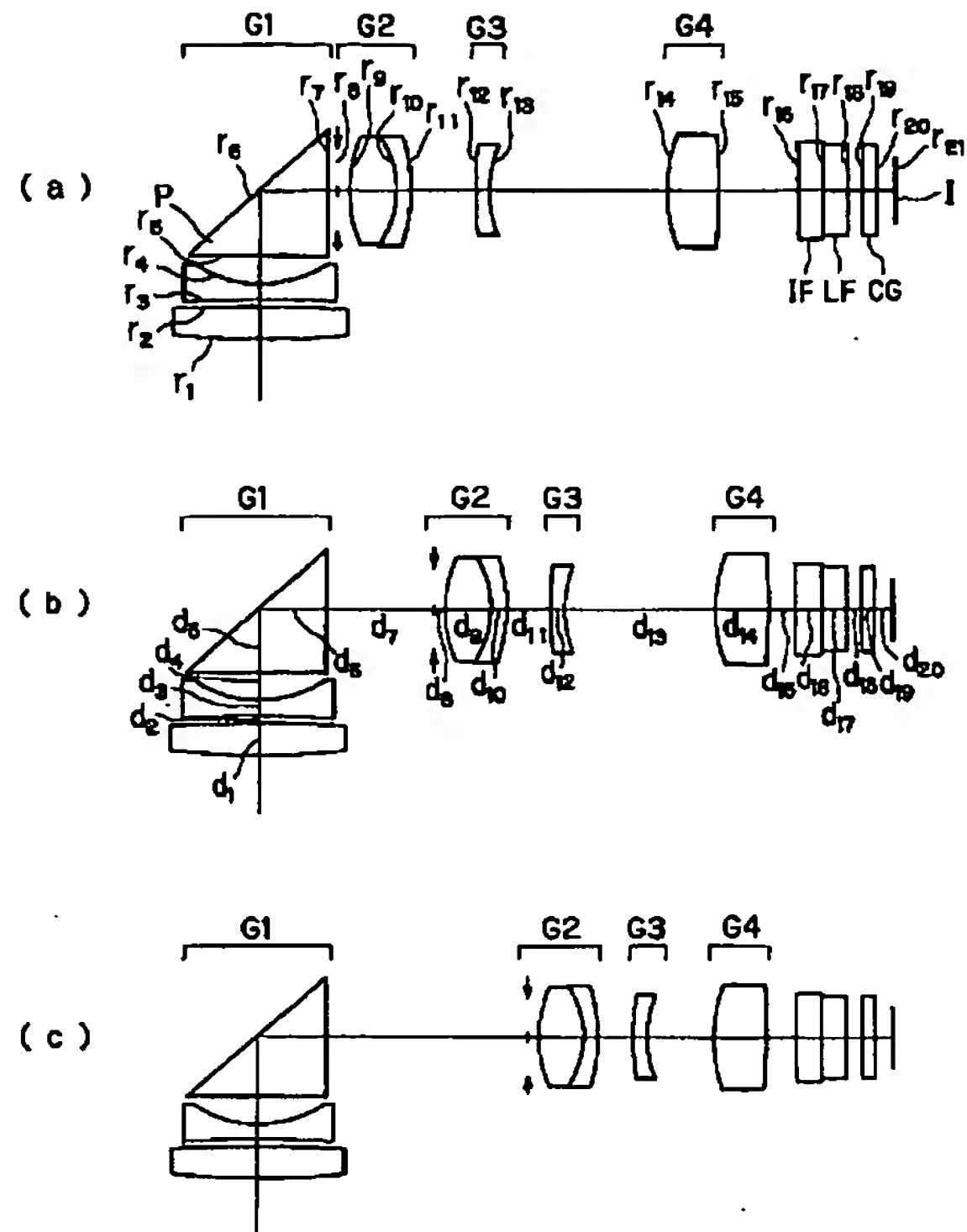




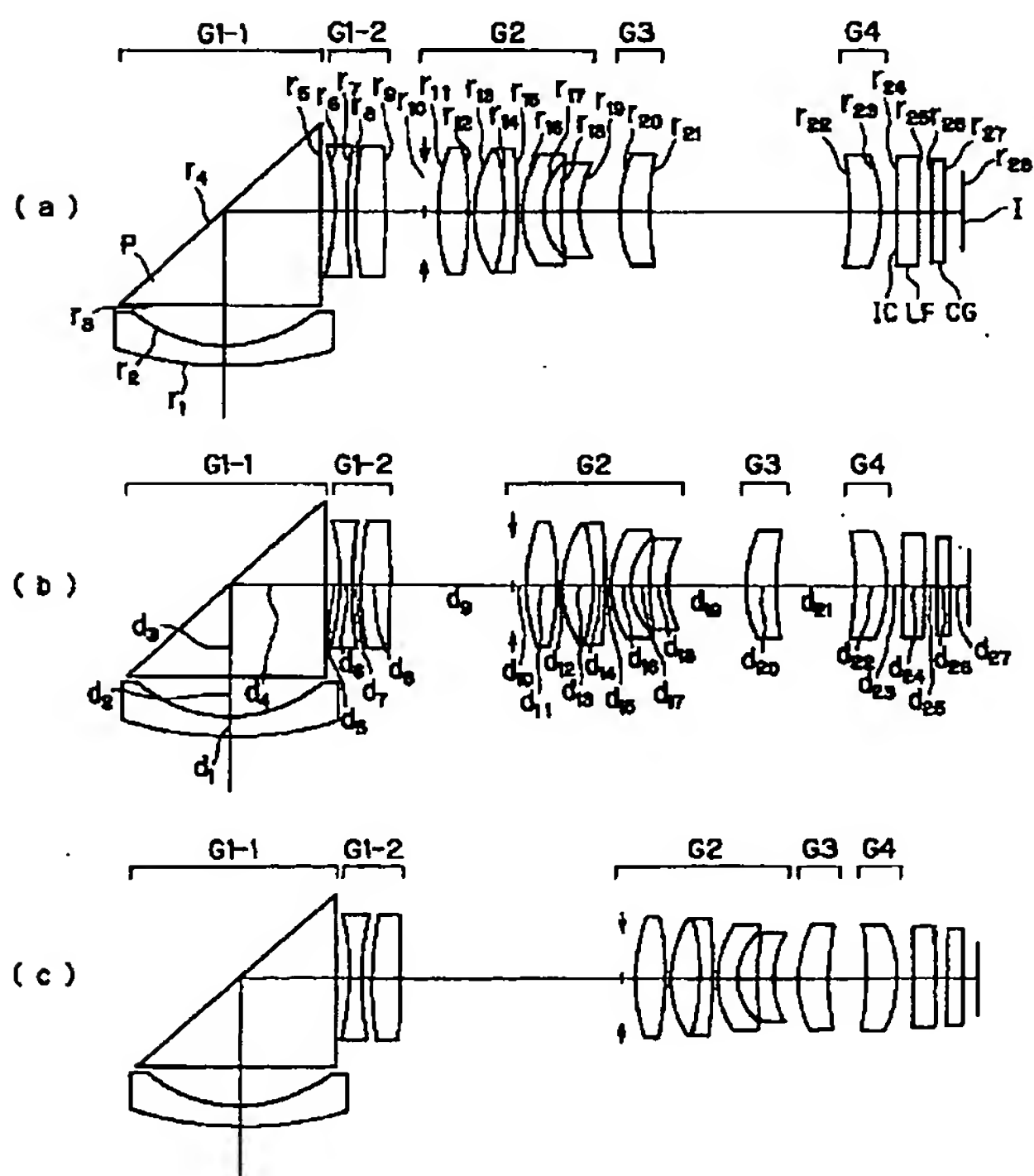
【図5】



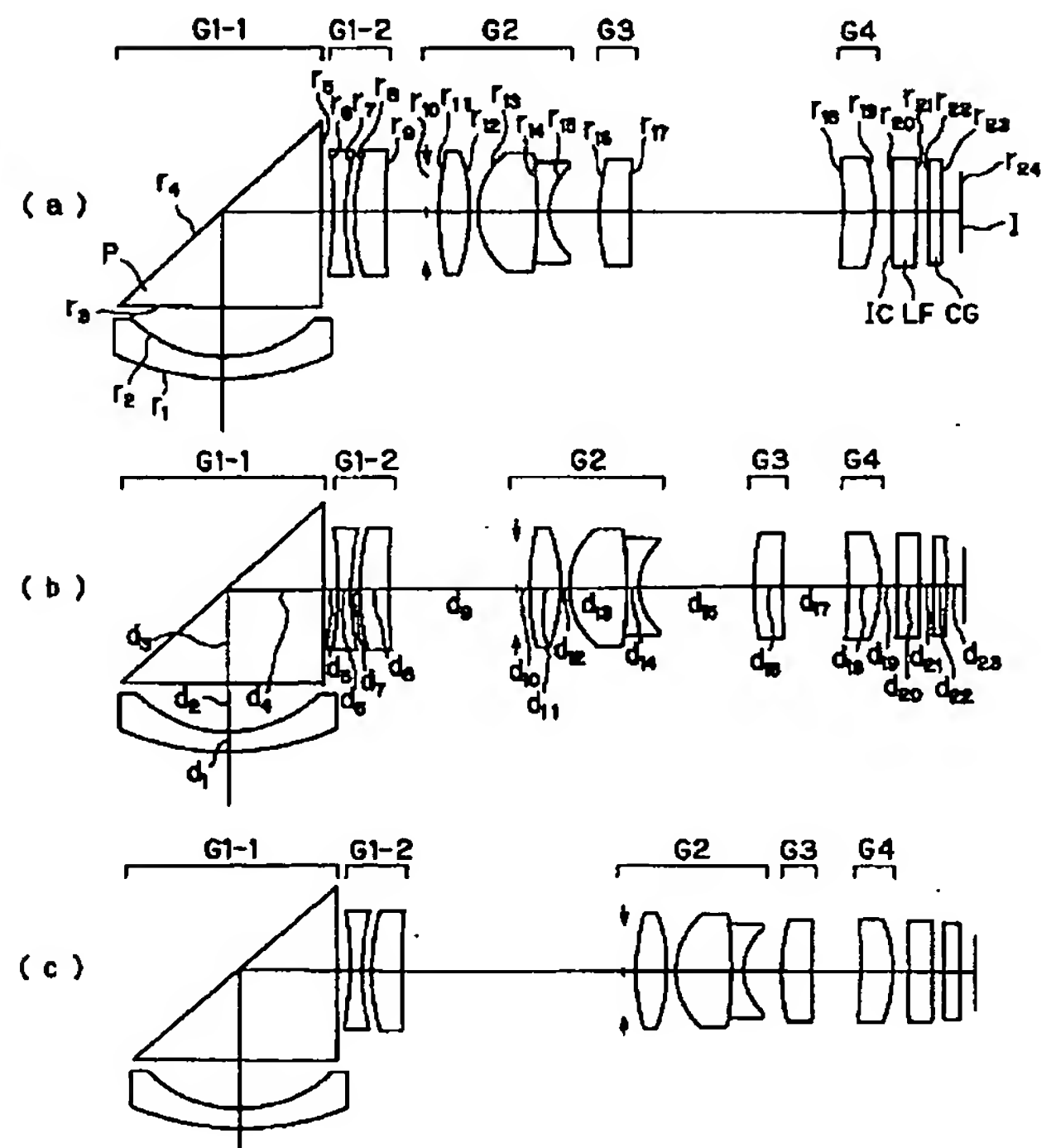
【図6】



【図7】

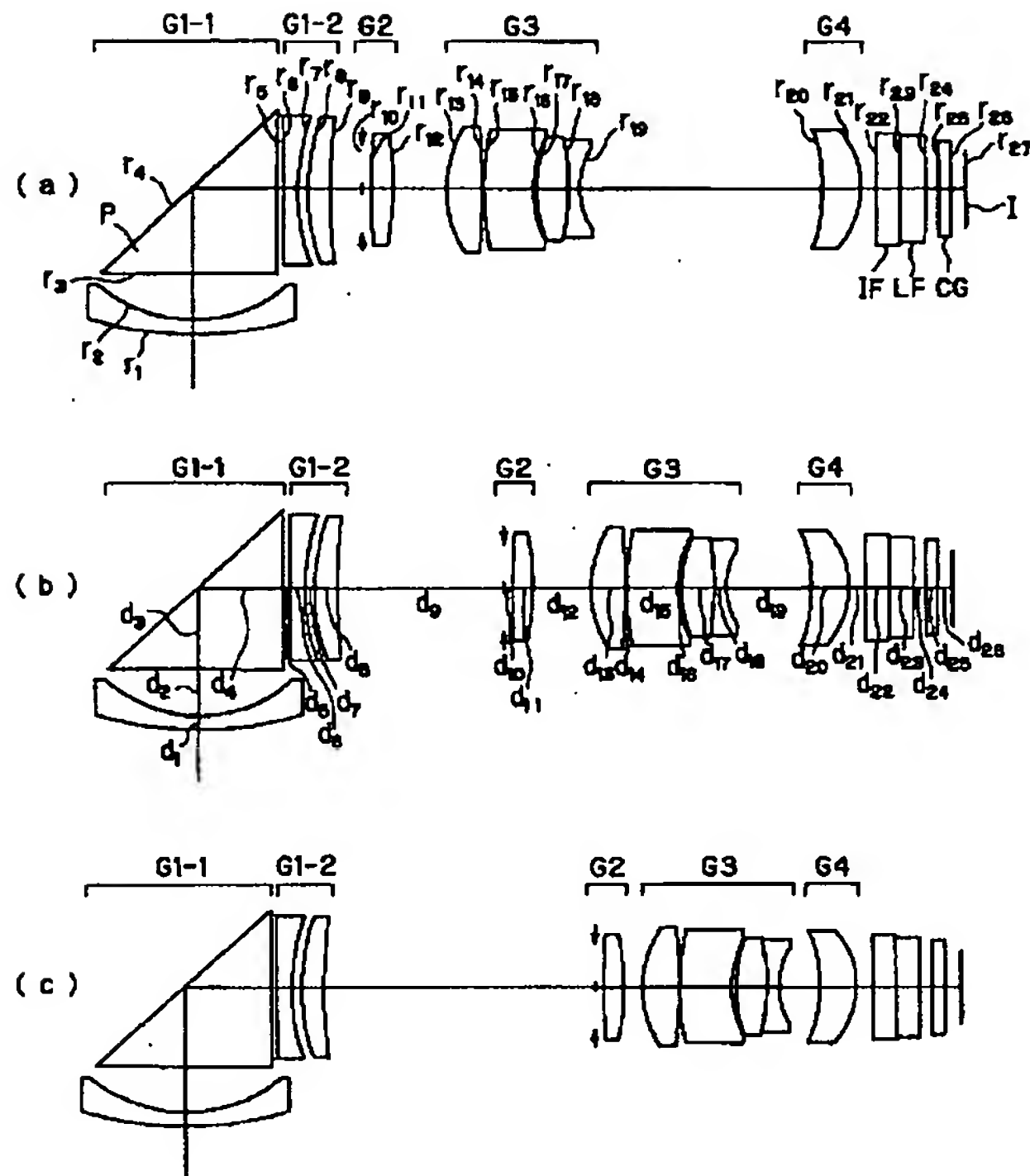


【図8】

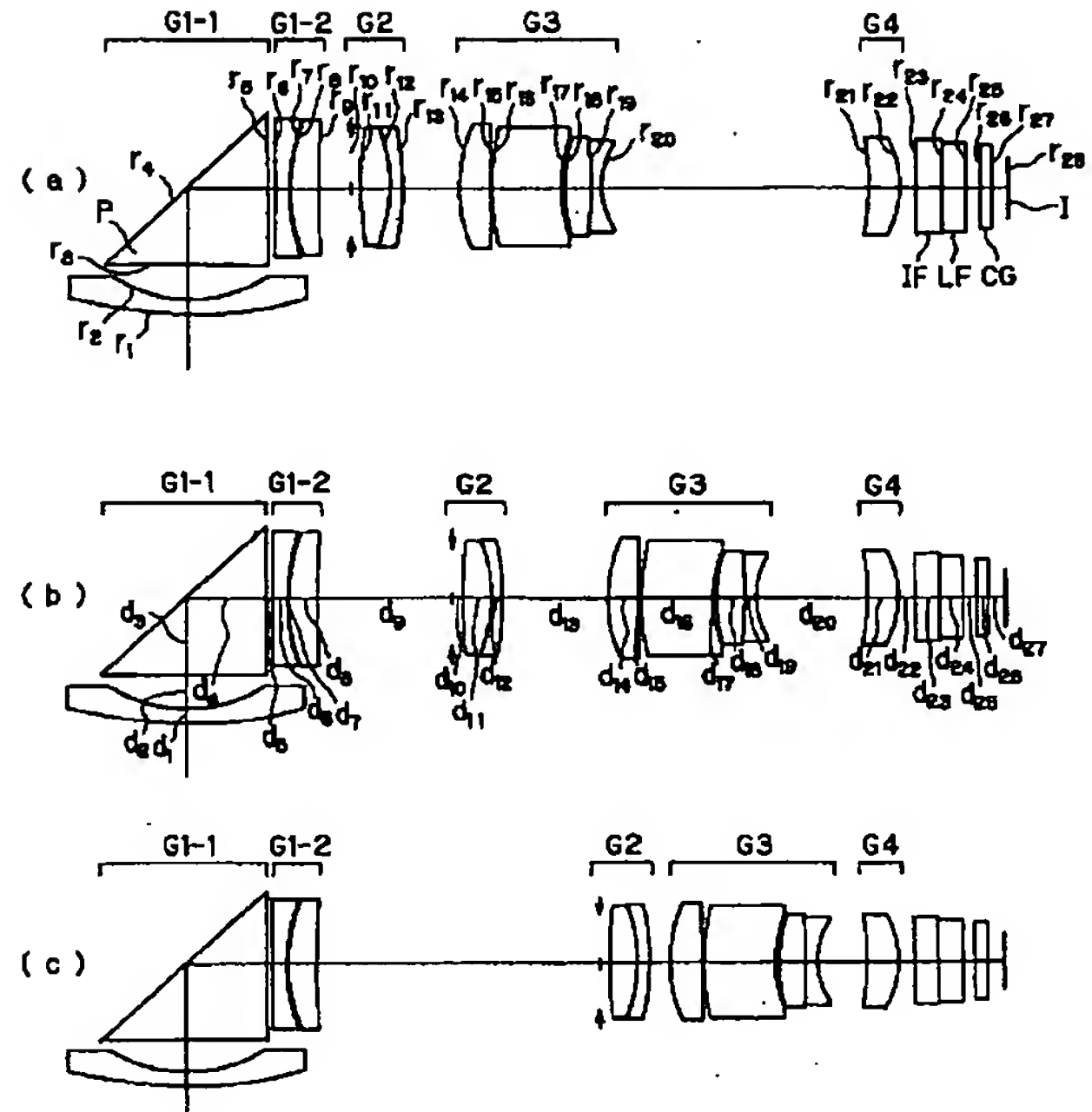




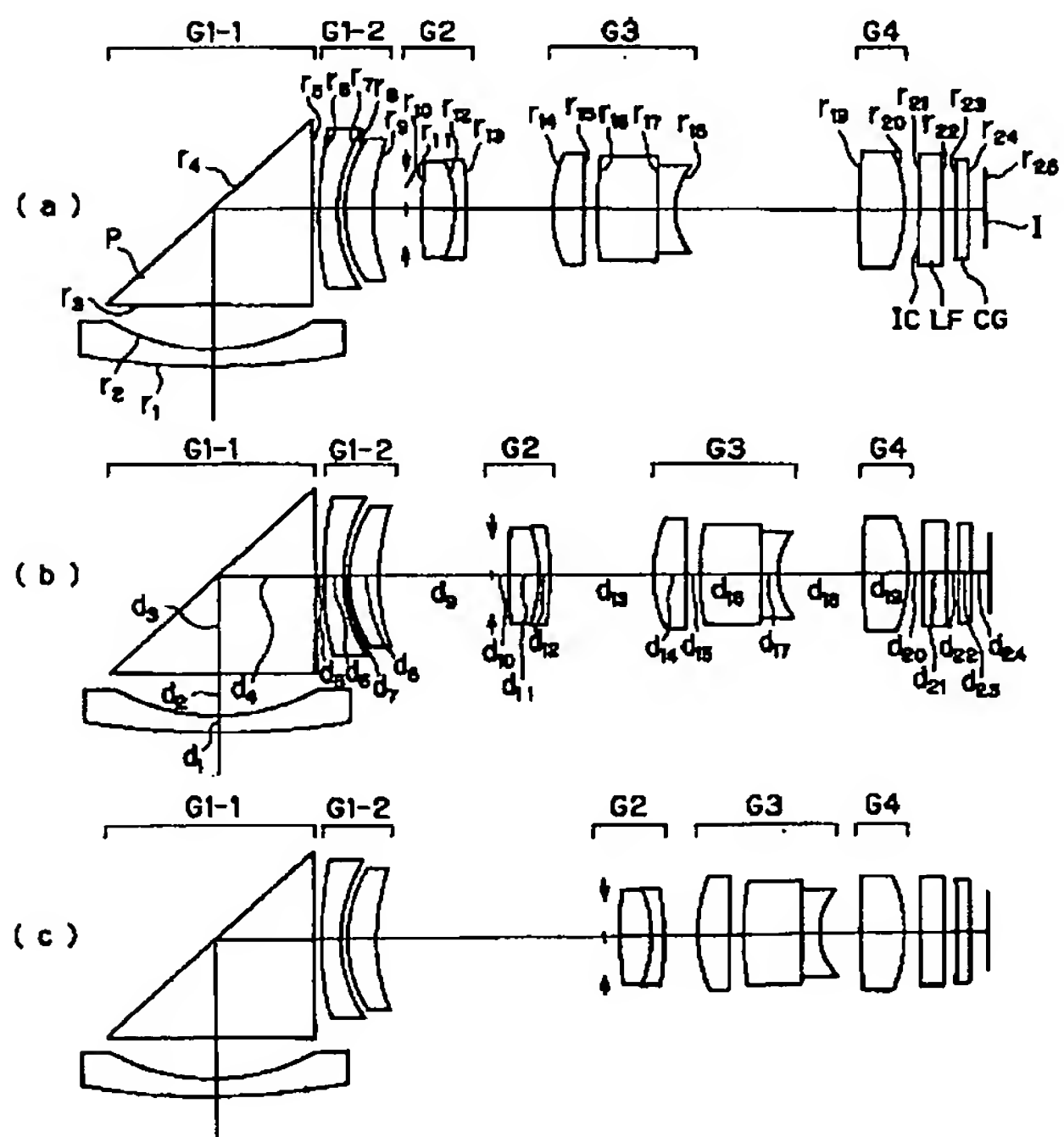
【図9】



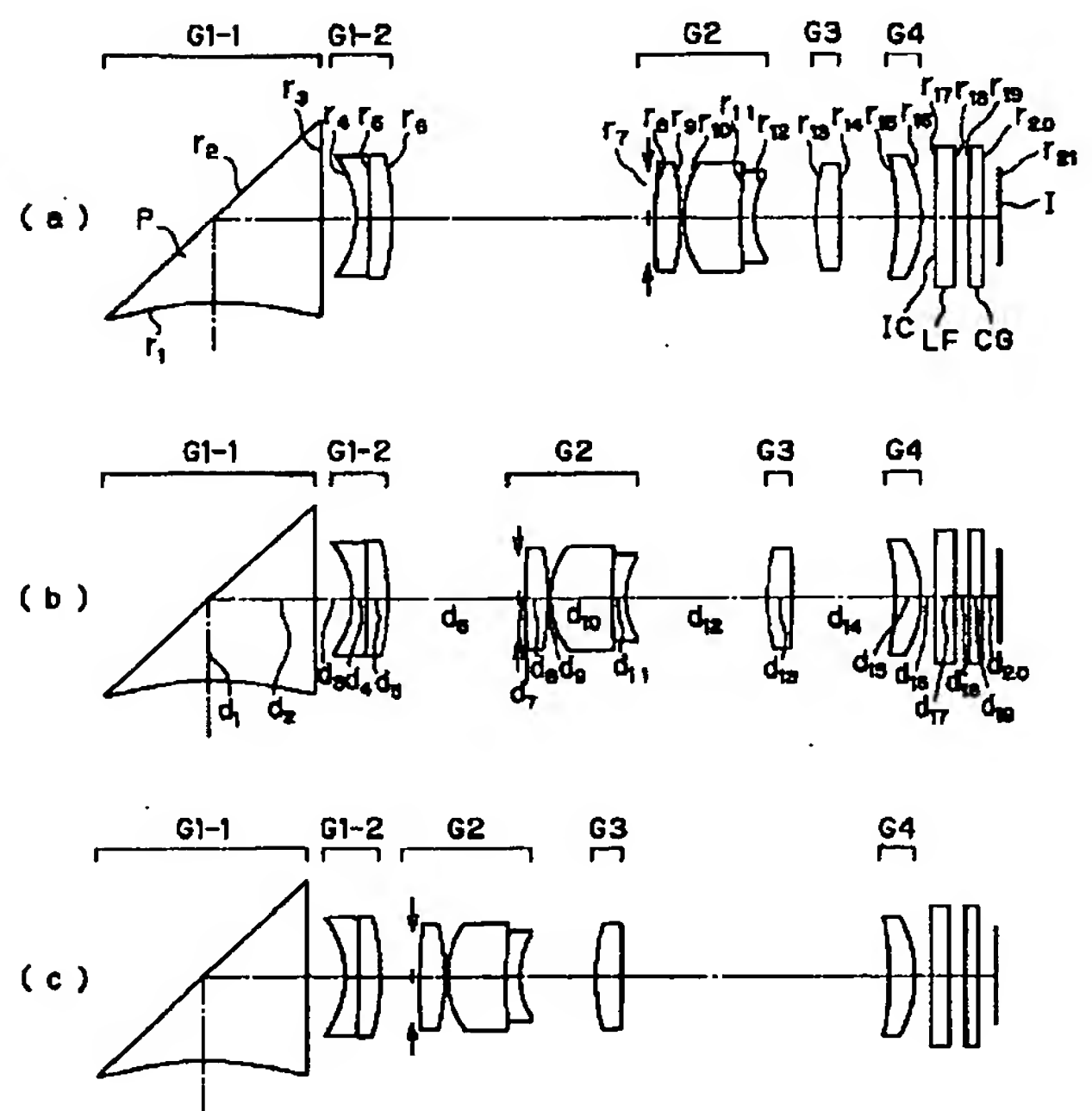
【図10】



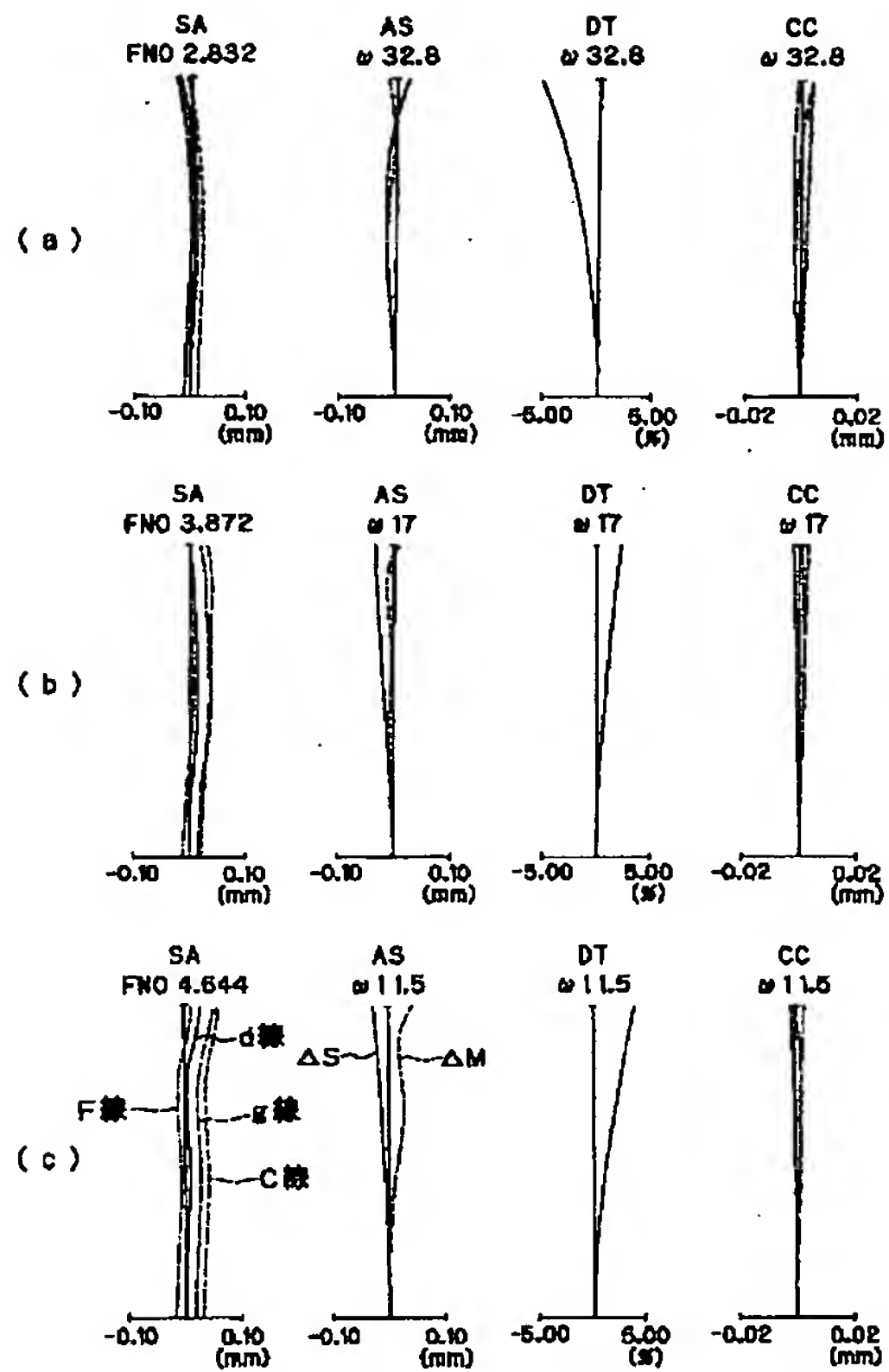
【図11】



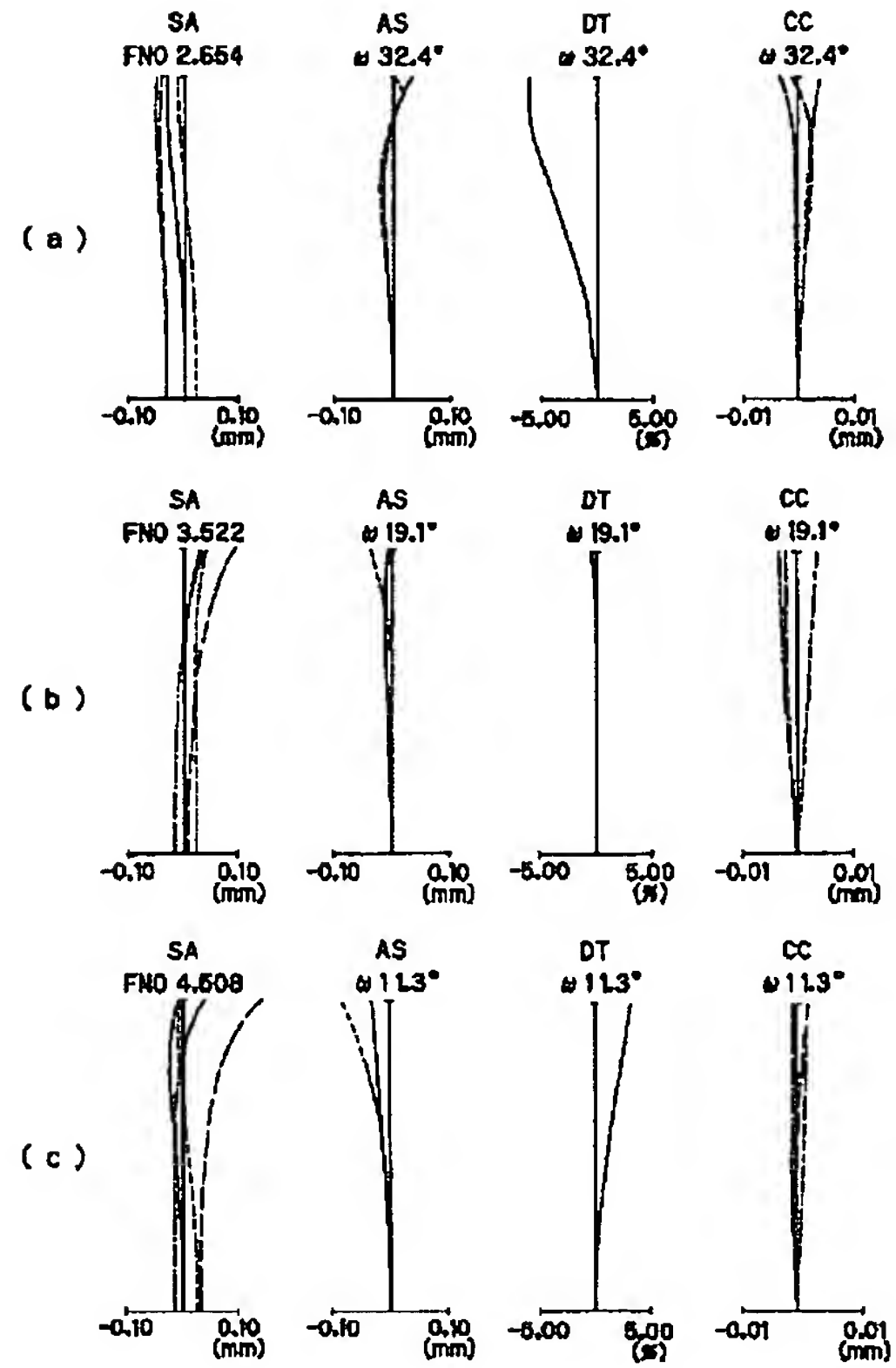
【図12】



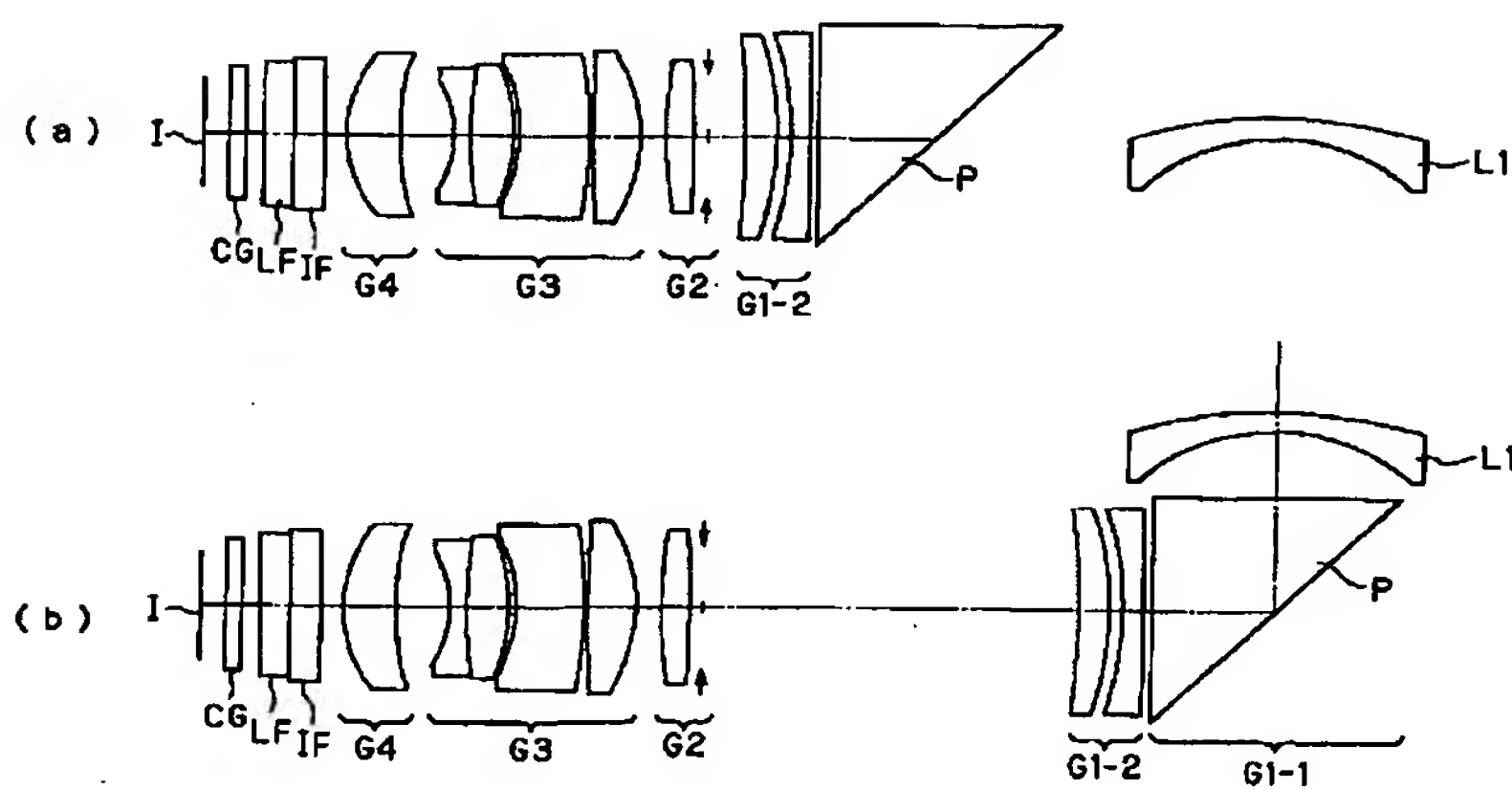
【図13】



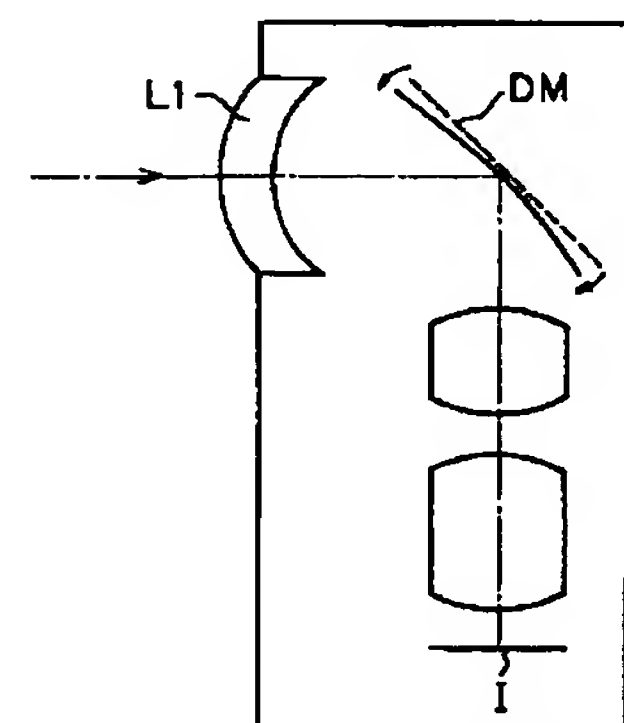
【図14】



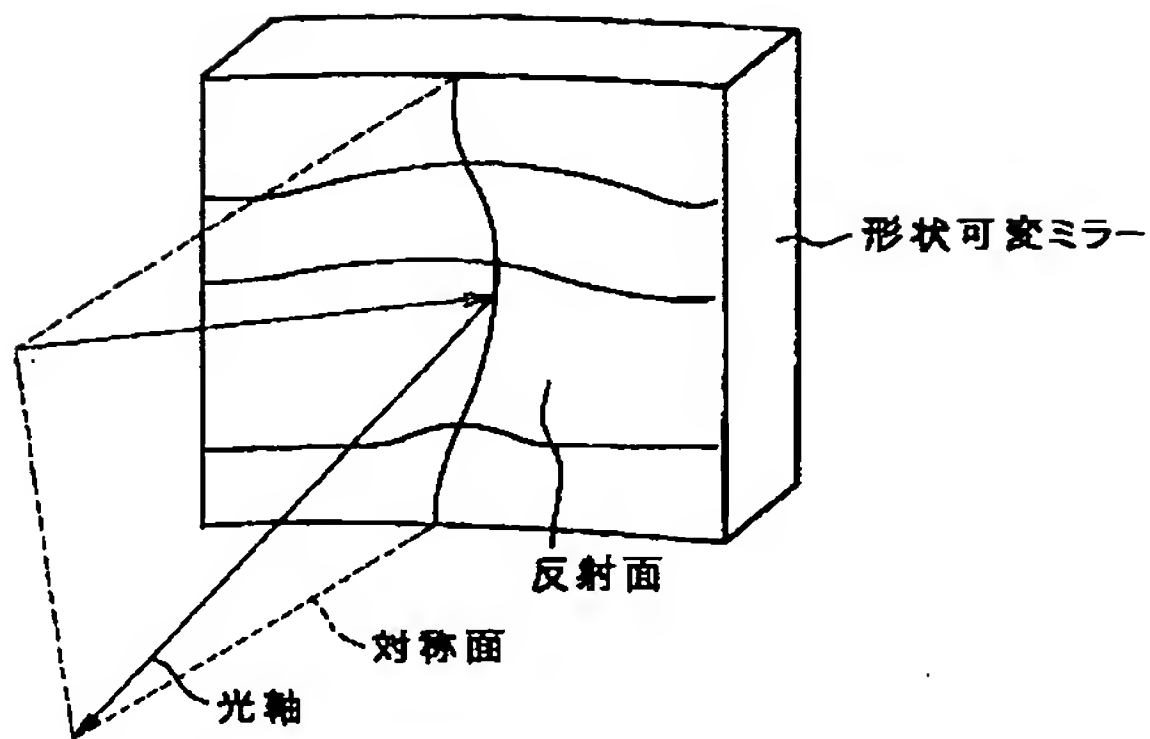
【図15】



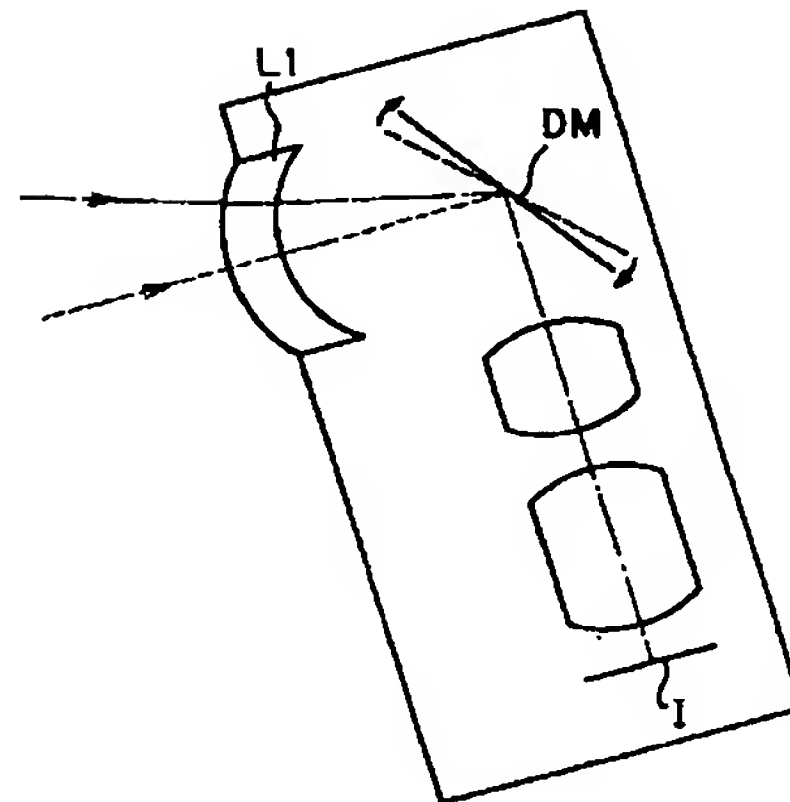
【図19】



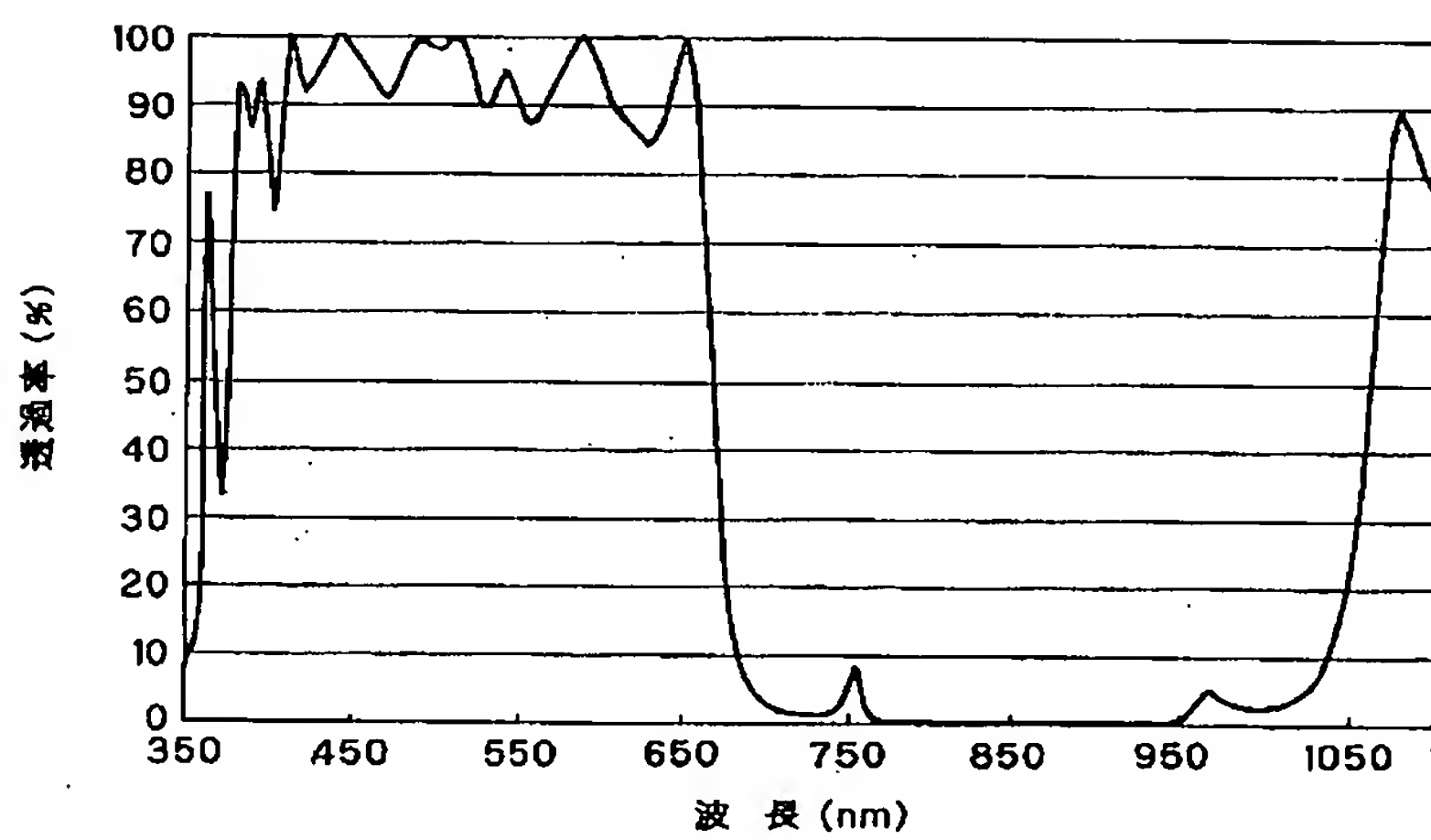
【図20】



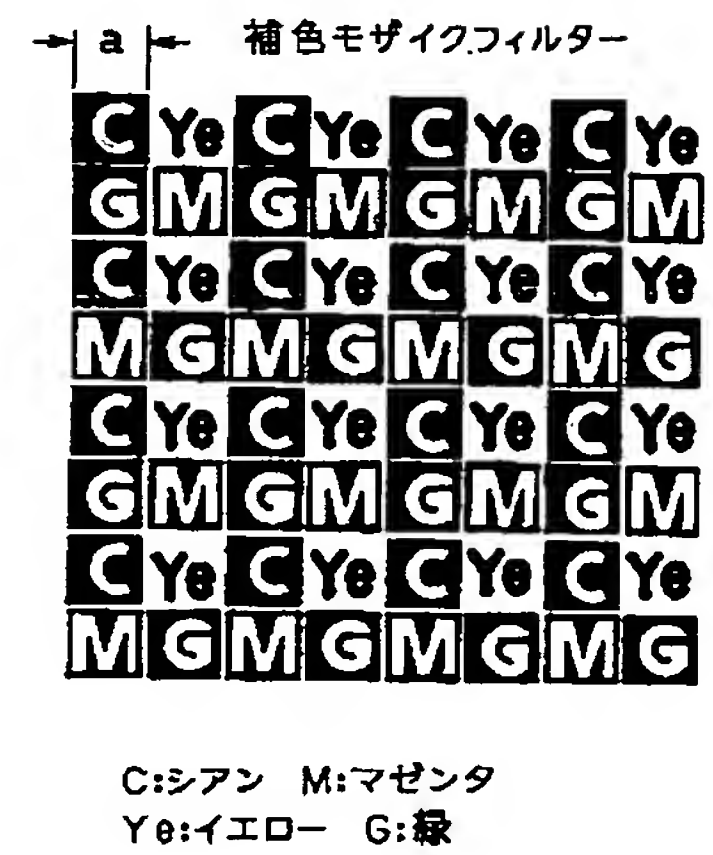
【図21】



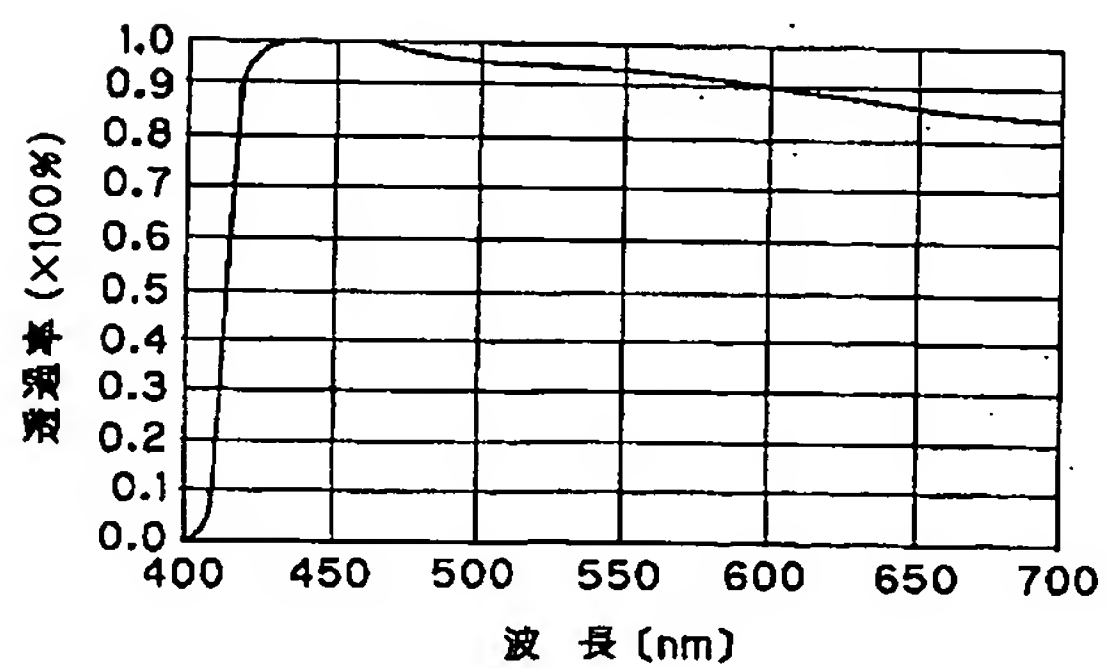
【図23】



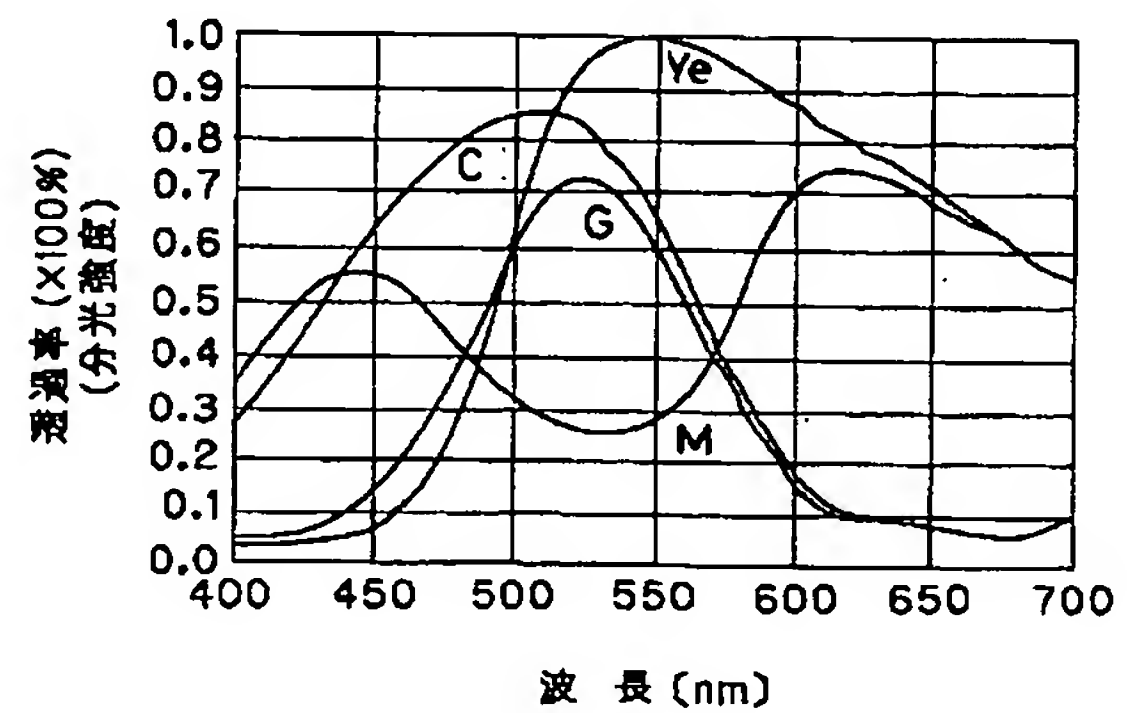
【図25】



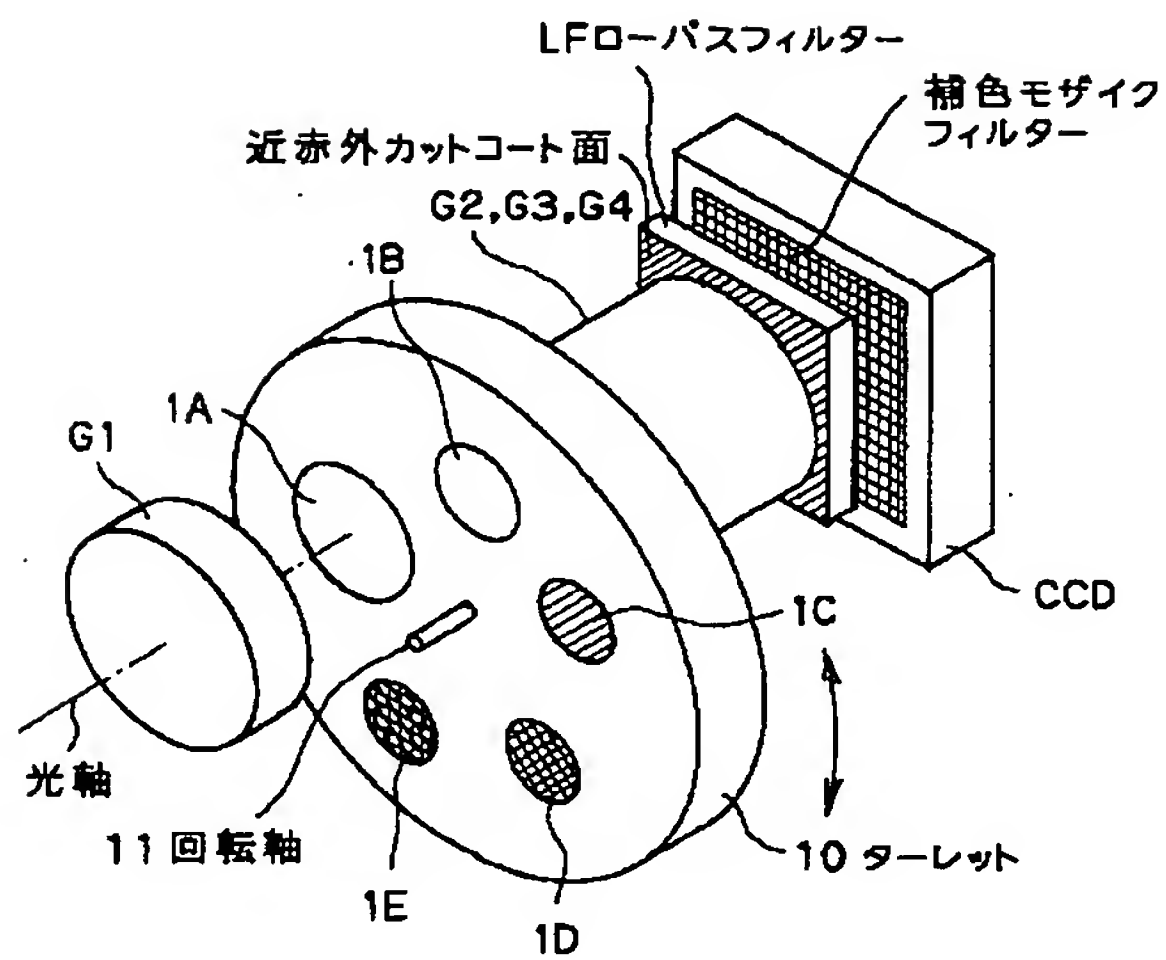
【図24】



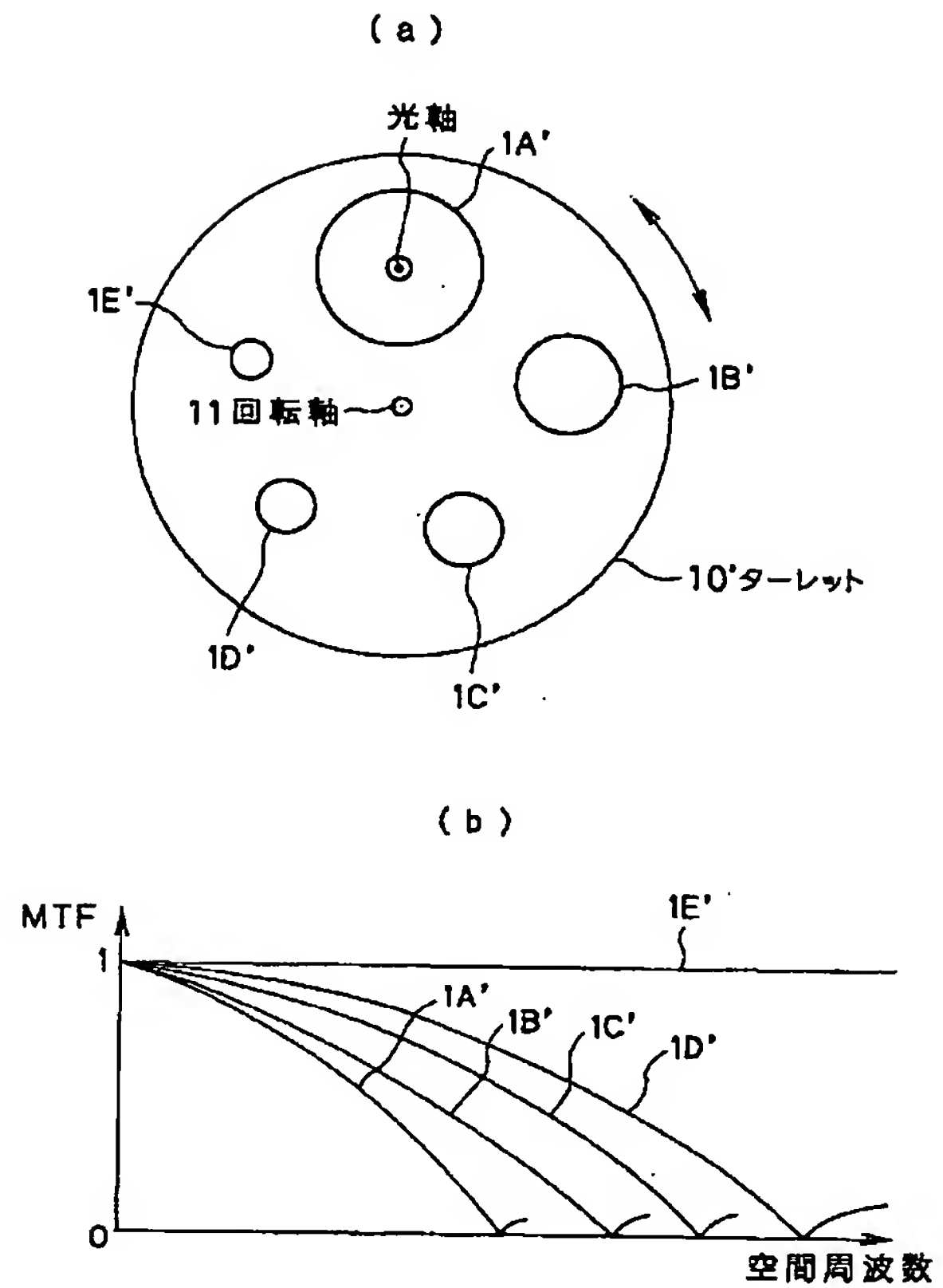
【図26】



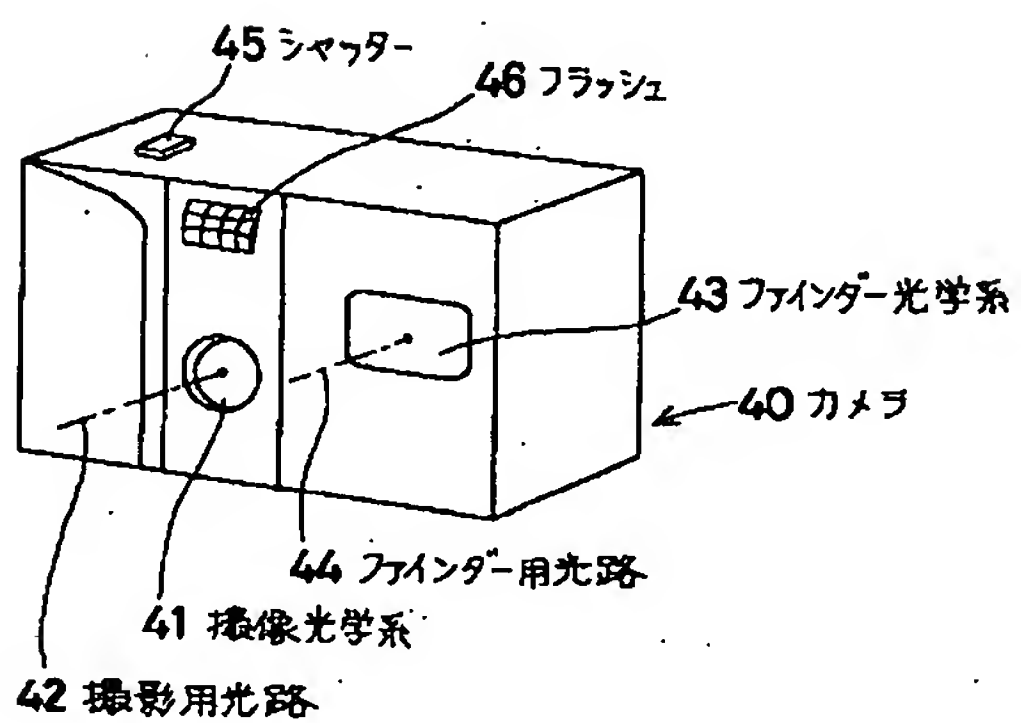
【図27】



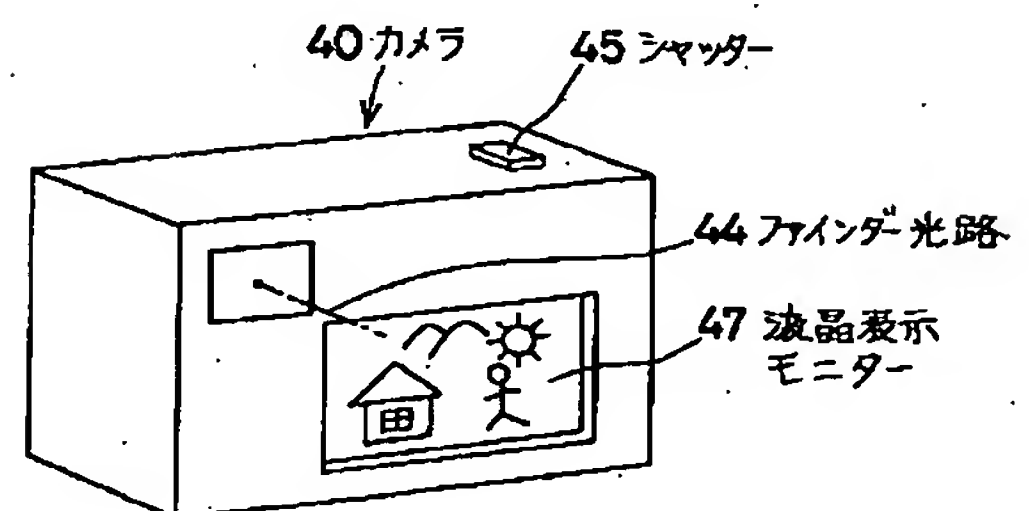
【図28】



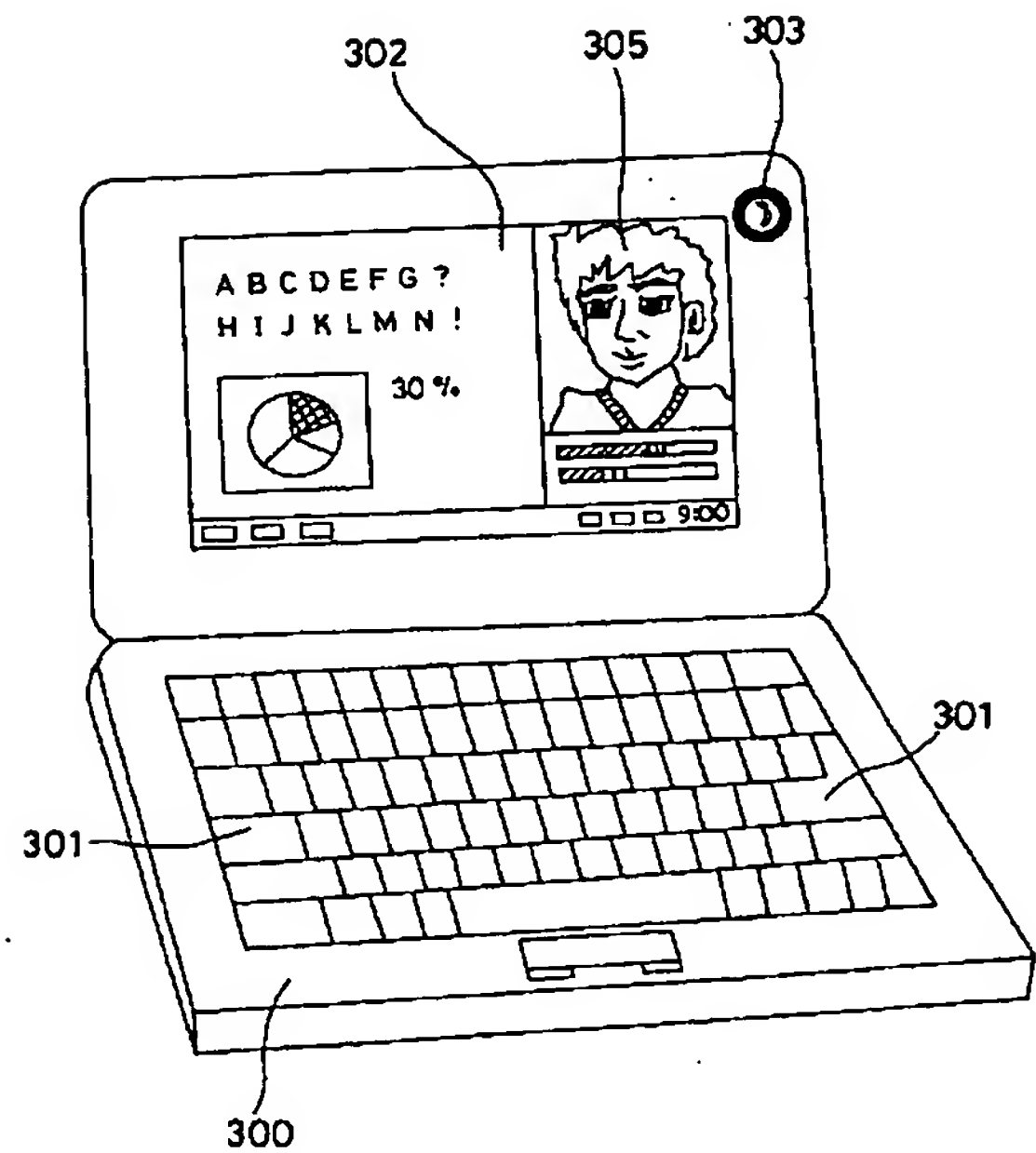
【図29】



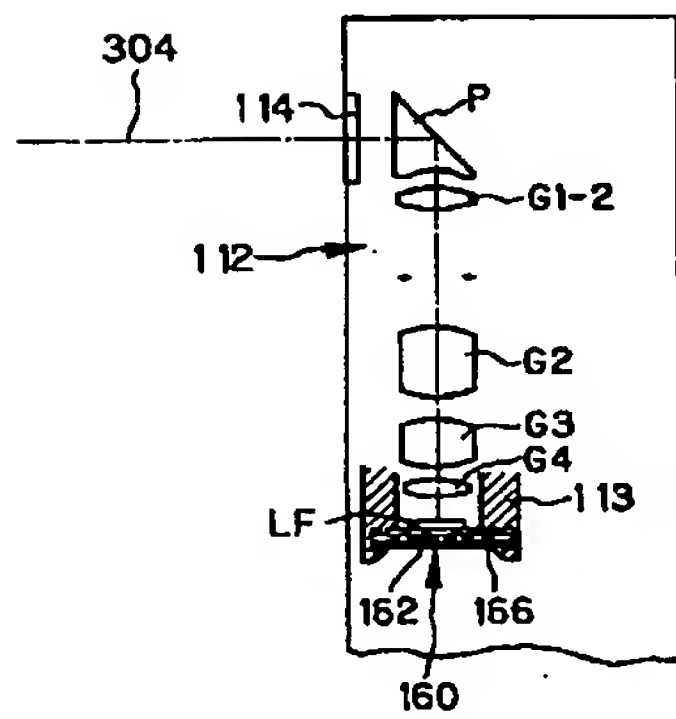
【図30】



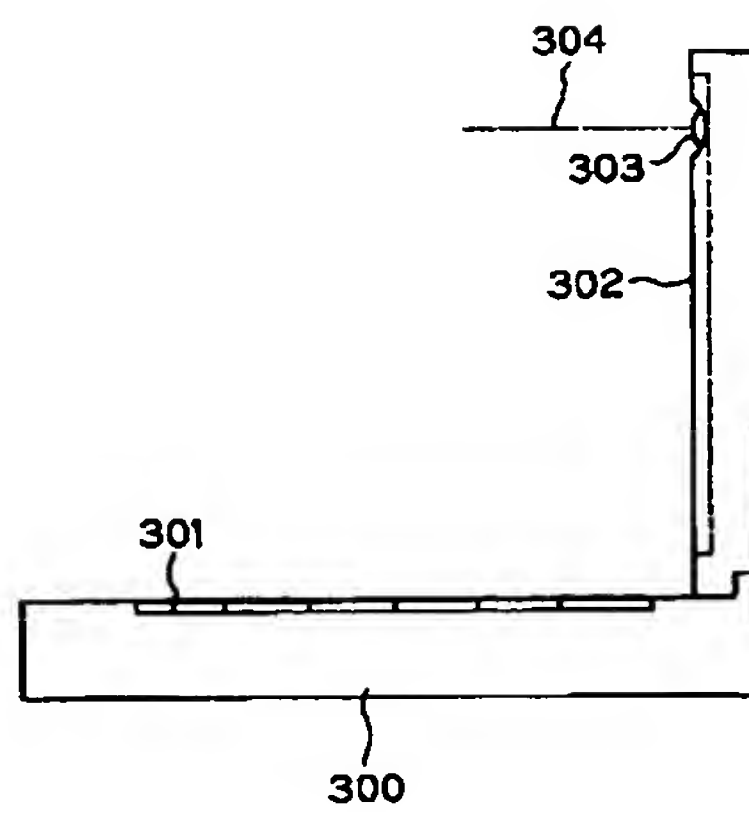
【図 3 2】



【图 3 3】

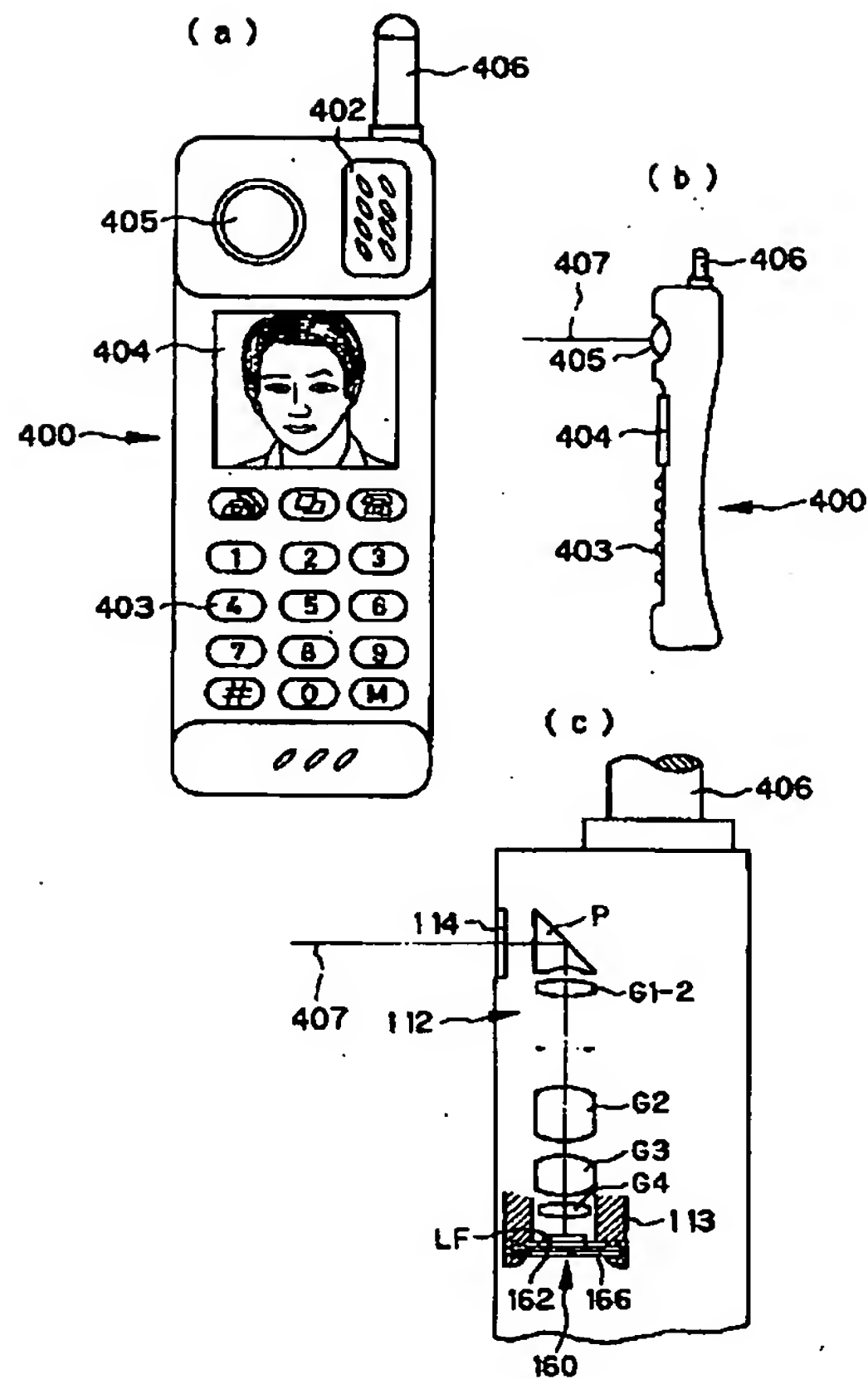


【図 3 4】





【図35】



フロントページの続き

(72)発明者 榛澤 豊治  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 渡邊 正仁  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 石井 敦次郎  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 武山 哲英  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 今村 文美  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA01 PA07 PA18 PB08  
QA03 QA07 QA17 QA21 QA25  
QA34 QA42 QA45 RA01 RA41  
RA43 SA63 SA64 SA65 SA72  
SA76 SB03 SB12 SB24 SB32  
SB42 TA01 TA03  
2H101 FF00  
5C022 AB44 AB55 AB66 AC54

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-043354

(43)Date of publication of application : 13.02.2003

---

(51)Int.Cl. G02B 15/16  
G02B 17/08  
G03B 17/17  
H04N 5/225

---

(21)Application number : 2002-131458 (71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD  
(22)Date of filing : 07.05.2002 (72)Inventor : MIHARA SHINICHI  
KONISHI KOICHI  
HANZAWA TOYOJI  
WATANABE MASAHIITO  
ISHII ATSUJIROU  
TAKEYAMA TETSUEI  
IMAMURA FUMIYOSHI

---

(30)Priority

Priority number : 2001142948 Priority date : 14.05.2001 Priority country : JP

---

## (54) ELECTRONIC IMAGING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electronic imaging device whose thickness in the depth direction is very small and which adopts the type of an optical system capable of overcoming constraints concerning the movement of a moving group when varying power while maintaining high specification and performance.

SOLUTION: This electronic imaging device has an optical path bending zoom optical system which includes a 1-1st group G-1 constituted of a negative lens group and a catoptric element P for bending an optical path a 1-2nd group G1-2 including one positive lens and a 2nd group G2 having positive refractive power in the order starting from the object side and where the 2nd group G2 moves only to the object side in the case of varying power from a wide-angle end to a telephoto end and the electronic imaging device I arranged on the image side of the zoom optical system.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]At least one group which moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end is includedAn electronic imaging device having an electronic image sensor arranged at its optical-path bending zoom optical system [ containing at least one catoptric light study element for / of all the groups movable at the time of variable power / bending an optical path to the object side rather than a lens by the side of an object most ]and image side.

[Claim 2]The electronic imaging device according to claim 1 whose composite focal length of a subsystem of a just before [ a field by the side of an object ] is negative most in all the movable groups from a lens by the side of an object to the time of said variable power.

[Claim 3]The one to 1st groups constituted from an object side by order with a negative lens group and a catoptric light study element for optical-path bendingAn electronic imaging device having an electronic image sensor arranged at its optical-path bending zoom optical system [ which said 2nd group moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end ]and image side including the one to 2nd groups containing one positive lensand the 2nd group that has positive refracting power.

[Claim 4]The one to 1st groups that contain in order prism which is a catoptric light study element for optical-path bending at least whose one side of an entrance plane and a projection surface is a concave surface from the object sideAn electronic imaging device having an electronic image sensor arranged at its optical-path bending zoom optical system [ which said 2nd group moves to the object side in monotone when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end ]and image side including the one to 2nd groups containing one positive lensand the 2nd group that has positive refracting power.

[Claim 5]The electronic imaging device according to claim 3 or 4 moving while said 2nd group and the 3rd group change a relative intervalwhen carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end including the 3rd group that has positive refracting power in the image side of said 2nd group.

[Claim 6]The electronic imaging device according to claim 3 or 4 storing a negative lens group which evacuates said catoptric light study element at the time of collapsingand is in the space rather than said catoptric light study element at the object side.

[Claim 7]In orderfrom the object sidea catoptric light study element for the 1st negative lens group and optical-path bendingAn electronic imaging device having the 2nd positive lens group and having an electronic image sensor arranged at its optical-path bending zoom optical system [ which evacuates said catoptric light study element at the time of collapsingand stores said 1st lens group to the space ]and image side.

[Claim 8]An electronic imaging device comprising:

The 2nd reflector that divides an optical path also at the abbreviated perpendicular side to a flat surface including an optic axis before and behind reflection with said catoptric light study element between a photographing optical system and an electronic image sensor containing a catoptric light study element. Incident planes which have a normal which is an abbreviated right angle to a normal of said 2nd reflector along with the reflection side and include an optic axis of said 2nd reflector and the 3rd reflector that has the incident planes same in abbreviation.

It is the 4th reflector so that an optical path after reflection may eject to an optic axis by the side of incidence of said photographing optical system and abbreviated parallel.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to electronic imaging devices including the video camera and digital camera which realized slimming down of the depth direction by the device of optical system sections such as a zoom lenses especially about the thin electronic imaging device which has an optical-path bending zoom optical system.

[0002]

[Description of the Prior Art]In recent years the digital camera (electronic camera) has attracted attention as a next-generation camera which replaces 35 mm of silver salt film (common-name Leica version) camera. It has many categories increasingly in the range with a business-use highly efficient type to a portable broad spread type.

[0003]In this invention it is aiming to provide the art of realizing a video camera with thin depth and a digital camera securing high definition especially paying attention to a category portable spread type.

[0004]it is the chief obstacle making the depth direction of a camera thin -- an optical system especially a zoom lens system -- its thickness from the field by the side of an object to an imaging surface most. These days it is in use to adopt what is called a collapsible-mount-type body tube that pushes out an optical system out of a camera body at the time of photography and stores an optical system in a camera body at the time of carrying. However the thickness at the time of optical system collapsing changes greatly with lens types and the filters to be used. Even if especially a right precedence type zoom lens what is called with which the lens group by the side of an object has positive refracting power most in order to set up specifications such as a zoom ratio and an F value highly has large thickness and dead space of each lens element and it collapses thickness does not

so much become thin (JP11-258507A). With a negative precedence type although especially the zoom lens of 2 thru/or 3 group composition is advantageous in that respect when there is much composition number of sheets in a group or the thickness of an element is large or the lens by the side of an object is a positive lens most even if it collapses it does not become thin (JP11-52246A).

[0005] While being known now it is suitable for electronic image sensors and included image formation performances such as a zoom ratio, a field angle and an F value are good and there are things such as JP11-194274A, JP11-287953A and JP2000-9997A as an example of what has a possibility that collapsing thickness can be made the thinnest.

[0006] In order to make the 1st group thin it is good to make an entrance pupil position shallow but for that purpose the magnification of the 2nd group will be made high. Effectiveness of the difficulty of aberration compensation and a manufacture error increases the burden of one side therefore the 2nd group becomes large and it not only becomes difficult to make itself thin but and it is not desirable. Although what is necessary is just to make an image sensor small in order to realize a slimming-down miniaturization in order to consider it as the same pixel number it is necessary to make a picture element pitch small and the shortage of sensitivity must be covered by an optical system. The influence of diffraction is also the same.

[0007] In order to use a camera body with thin depth not a pre-group but what is called a rear focus is effective on the layout of a drive system in the lens movement at the time of a focus. Then the necessity that an aberration variation when a rear focus is carried out chooses few optical systems comes out. As a means of another slimming down there is the method of bending the optical path of an optical system by a mirror etc. In this case remarkable restrictions occur in the lens movement for the space top variable power for bending.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention is made in view of such the actual condition of conventional technology and the purpose The zoom lens of the rear focus which bent the optical path (optic axis) of the optical system with catoptric light study element such as a mirror is adopted the type of the optical system which can conquer the constraints about movement of the moving group at the time of variable power is adopted maintaining high specification and performance and a depth direction is providing a very thin electronic imaging device.

[0009]

[Means for Solving the Problem] To achieve the above objects an electronic imaging device of this invention At least one group which moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end is included It has an electronic image sensor arranged at its optical-path bending zoom optical system [ containing at least one catoptric light study element for / of all the groups movable at the time of variable power / bending an optical path to the object side rather than a lens by the side of an object most ] and image side.

[0010] A reason and an operation which take the above-mentioned composition in



this invention below are explained.

[0011] In this invention when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end at least one group which moves only to the object side was included and an optical-path bending zoom optical system containing at least one catoptric light study element for [ of all the groups movable at the time of variable power ] bending an optical path to the object side rather than a lens by the side of an object was adopted most. In order to turn a lens system entrance plane to the object side and to make depth thin moreover it is preferred that a photographing optical system is a position by the side of an object as much as possible and beam-of-light quantity moreover carries out optical-path bending in a low air spacing part. In order to complicate neither zoom nor a focus driving system a moving group is better than a bending position to carry out the image side. In order to make a bending space small as much as possible when a thing with all the low beam-of-light quantities which contribute to image formation near the bent part considers a good thing it is desirable for a composite focal length of a subsystem of a just before [ the movable group from a lens by the side of an object to the time of variable power whose bent part exists ] to be negative.

[0012] If lens constitution suitable as a bending zoom optical system is described concretely When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end including the one to 1st groups constituted from a negative lens group and a catoptric light study element for optical-path bending by order the one to 2nd groups containing one positive lens and the 2nd group that has positive refracting power from the object side said 2nd group is a type which moves only to the object side.

[0013] If another lens constitution suitable as a bending zoom optical system is described concretely The one to 1st groups that contain in order prism which is a catoptric light study element for optical-path bending at least whose one side of an entrance plane and a projection surface is a concave surface from the object side When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end including the one to 2nd groups containing one positive lens and the 2nd group that has positive refracting power it is a type which said 2nd group moves to the object side in monotone.

[0014] In this case it is good to perform as follows the optic-axis absent minded mind conversion length  $d$  from a refracting interface in front of a reflector of a catoptric light study element to a refracting interface immediately after a reflector by any type.

[0015] (a)  $0.5 < d/L < 2.1$  however  $L$  are the diagonal length of a valid imaging region (approximately rectangle) of an electronic image sensor.

[0016] If 2.1 of upper limit of this condition (a) is exceeded an optical system will become large too much. If 0.5 of a lower limit is exceeded light flux which contributes to image formation of a picture periphery will not reach satisfaction in the image surface or it will be easy to generate a ghost.

[0017] When it is within the limits which is about 19 degrees  $\times$  3 degrees when it is within the limits whose field angle of a direction which bends an optical path is 25

degrees \*\*3 degrees the following ranges are good respectively.

[0018](a-1) To  $0.8 < d/L < 1.9$  (a-2)  $0.5 < d/L < 1.5$  pan if it is performed as follows it is more desirable.

[0019](a'-1) In order that [ which is  $0.9 < d/L < 1.8$  (a'-2)  $0.6 < d/L < 1.4$  ] any type may make paraxial refractive power arrangement suitable a reflector may consist of other than a flat surface. In order to amend change of a focal position and aberration which establish a control system which can change shape of a reflector freely and are generated by it in the case of variable power to carry out a focus or to carry out variable power it is more preferred to make it a shape variable mirror in which shape controlling is possible.

[0020] Apart from this a planoconcave lens may be joined to a prism flat-surface part and a catoptric light study element may be constituted. From a relation of balance with a level of distortion correction and target size of an electronic imaging device a weak positive lens of power may be most added to the object side. In that case there may not be any one to 2nd groups.

[0021] About these two zoom types each last group is good to constitute from a single lens which has an aspheric surface. There is an effect in amendment of transverse chromatic aberrations such as a distortion aberration astigmatism and a coma aberration very much. Since it is the translation which has canceled aberration generated in the object side from it with this lens balance of aberration will be lost if it moves by a focus etc. Therefore it is better for the last group to consider it as immobilization.

[0022] Since the 1st group is a bending system and is not suitable as a group which carries out a focus it is good to carry out by a group after the 2nd group except the last group. It is good to use the 2nd group for the object side from the last group with little change of a focal distance by a focus or aberration and to perform a focus especially. In this case a focus by the side of a short distance serves as a direction which it lets out more. In order to perform a focus it is good for optic-axis sky mind interval  $D_{FT}$  at the time of an infinite distance object point focus by a tele edge of the 2nd group and the 3rd group to be satisfied with the object side of the following conditional expressions from the last group.

[0023](b)  $0.1 < D_{FT}/f_T < 1.5$  however  $f_T$  are the whole system focal distances at the time of an infinite distance object point focus by a tele edge.

[0024] If 1.5 of a maximum of this condition (b) is exceeded reservation of a zoom ratio will become difficult and if 0.1 of a lower limit is exceeded a focus possible distance range cannot fully be taken.

[0025] It is more desirable if it is performed as follows.

[0026](b')  $0.2 < D_{FT}/f_T < 1$  -- if it is performed still as follows in addition it is desirable.

[0027]

(b'') Two zoom types of the  $0.25 < D_{FT}/f_T < 0.8$  above are good to make it zoom form which moves while the 2nd group and the 3rd group change a relative interval when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end including the 3rd group that has positive refracting power in the image side of the 2nd group. This method can earn a high variable power rate performing focal position amendment

by variable power using a space efficiently.

[0028] In that case it is (c) about a ratio of each movement magnitude  $M_2$  of the 2nd group at the time of carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end at the time of an infinite distance focus and the 3rd group and  $M_3$ . It is good to use the range of  $0.5 < M_3/M_2 < 2.0$ . If 2.0 of upper limit of this condition is exceeded neither a zoom ratio nor a focus possible distance range can fully be taken. If 0.5 of a lower limit is exceeded reservation of a zoom ratio is difficult also here.

[0029] It is more desirable if it is performed as follows.

[0030]

(c') To  $0.7 < M_3/M_2 < 1.4$  and if it is performed as follows in addition it is desirable.

[0031]

(c'') Per optical-path bending systems since it is mechanistically difficult it is [ to consider it as immobilization ] good that two zoom types of the  $0.8 < M_3/M_2 < 1.25$  above move the 1st group (constructional system applied to the one to 2nd groups from the one to 1st groups) at the time of a focus at the time of zoom. Although the one to 1st groups consider it as immobilization at the time of variable powers since the one to 2nd groups are comparatively easy to move they are good also as movable. In that case it is good to move drawing a locus of a convex on the image side at the time of variable power. These one to 2nd groups are good to constitute from two sheets a negative lens and a positive lens or one positive lens sequentially from the object side in order to amend transverse chromatic aberrations such as a chromatic aberration and a distortion aberration.

[0032] If it adds any of the following constitutional limitation they are still higher specification performance and a bending zoom lens system of simple composition can be acquired and it will contribute to the further slimming down of an imaging device.

[0033] O A negative lens group by the side of an object is taken as one negative lens of a convex at the object side from a catoptric light study element for the one to 1st groups to bend an optical path.

[0034] While this arrangement maintains a field angle it is the composition which can make depth of an optical system the thinnest.

[0035] O Since it is meaningless in that case if there is no power of a negative lens to some extent it is (d) about power ratios of the one to 1st groups and the one to 2nd groups. It is referred to as  $-0.8 < f_{11}/f_{12} < 1.9$ . However  $f_{11}$  is a focal distance of the one to 1st groups and  $f_{12}$  is a focal distance of the one to 2nd groups. Even if it exceeds 1.9 of an upper and lower limit of this condition and any of  $-0.8$  it is easy to enlarge a bending optical element.

[0036] It is more desirable if it is performed as follows.

[0037]

(d') To  $-0.6 < f_{11}/f_{12} < 1.7$  and if it is performed as follows in addition it is desirable.

[0038]

(d'') Either one of the  $-0.4 < f_{11}/f_{12} < 1.5$  O 2nd group or and the 3rd group contains a concave lens in a single lens and another side at least.

[0039] Although variable power of them can be carried out by moving to a uniform direction in general the 2nd group and the 3rd group being able to share a move space and keeping a focal position constant in few spaces changing a relative interval slightly at the time of variable power. As other merits I hear that amendment of a chromatic aberration of each group does not need to be completed and it is. That is the 2nd group and the 3rd group can amend a chromatic aberration mutually. Therefore either may consist of single lenses. It contributes to a small weight saving.

[0040] O In order to keep a relative space change of the 2nd group and the 3rd group as small as possible it is good for magnification of a constructional system after the 2nd group to carry out variable power about  $-1$  time. Therefore it is good to satisfy the following conditions in a tele edge.

[0041] (e)  $0.7 < -\beta_{Rt} < 2.1$  however  $\beta_{Rt}$  are the synthetic magnifications (infinite distance object point) in a tele edge after the 2nd group.

[0042] Even if it exceeds any of the upper and lower limits 2.1 and 0.7 of this condition variation of a relative interval of the 2nd group and the 3rd group will become large.

[0043] It is more desirable if it is performed as follows.

[0044] (e') To  $0.8 < -\beta_{Rt} < 1.9$  if it is performed as follows in addition it is desirable.

[0045] (e'') An electronic imaging device of  $0.85 < -\beta_{Rt} < 1.7$  this invention At least one group which moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end is included. An electronic image sensor arranged at its optical-path bending zoom optical system [ containing at least one catoptric light study element for bending an optical path which is a field of all the groups movable at the time of variable power for which either / at least / an entrance plane or a projection surface have curvature in the object side rather than a lens by the side of an object most ] and image side. A having thing is included.

[0046] Thus by making a catoptric light study element (prism) for bending an optical path hold refracting power the number of lens elements can be reduced and it contributes to miniaturization or a cost cut.

[0047] In this case a catoptric light study element for bending an optical path -- an optical-path bending zoom optical system -- it can arrange to the object side most.

[0048] Thus as for an optical-path bending element a direction allotted to the object side as much as possible can make a depth direction of an electronic imaging device thin.

[0049] An entrance plane of a catoptric light study element for bending an optical path can be made composition which turned a concave surface to the object side.

[0050] To a thin electronic imaging device which is an example of this invention and which has the zoom optical system constituted from an object side in order of a negative meniscus lens and optical-path bending prism by giving negative refracting power to an entrance plane of optical-path bending prism. The negative



meniscus lens can be omitted and it becomes possible to make a depth direction of an electronic imaging device thinner.

[0051] In that case an entrance plane of a catoptric light study element for bending an optical path can be made into an aspheric surface.

[0052] Since it becomes disadvantageous on transverse-chromatic-aberration amendment of a distortion aberration etc. when optic-axis top curvature of an entrance plane is a negative value (composition which turned a concave surface to the object side) the aberration compensation is made possible by introducing an aspheric surface.

[0053] And a projection surface of a catoptric light study element for bending an optical path can be made into a flat surface.

[0054] As mentioned above since reservation of face-to-face eccentricity accuracy with a projection surface will become difficult if an aspheric surface is introduced into an entrance plane a face-to-face eccentricity precision prescribe can be eased by making another field (projection surface) into a flat surface.

[0055] A group which moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end shall consist of two positive lenses and at least one negative lens and every at least one positive lens and negative lens of each other shall be joined.

[0056] In a group which moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end a large tendency has degradation of aberration by relative eccentricity of a positive lens and a negative lens.

Therefore it is more desirable to join mutually as it can be the above.

[0057] A group which moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end shall consist of two positive lenses and one negative lens and the negative lens of each other shall be joined to at least one positive lens.

[0058] Thus a total of three sheets of two positive lenses and one negative lens of a group which moves only to the object side when carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end are the minimum components.

[0059] Now next reference is made about making filters thin. An infrared-absorption filter which has fixed thickness in an electronic imaging device so that infrared light may not usually enter into an imaging surface is inserted in the object side rather than an image sensor. It considers transposing this to thin coating. Although it is a translation which becomes naturally that much thin there is a secondary effect. Rather than an electronic image sensor in zoom lens system back to the object side if transmissivity in 700 nm introduces 10% or less of near-infrared sharp cut coat not less than 80% transmissivity in 600 nm Transmissivity by the side of red becomes high more relatively than an absorption type a magenta-ized tendency by the side of purple-blue which is a fault of CCD which has a complementary color mosaic filter is eased by gain adjustment and color reproduction of the CCD average which has a primary colors filter can be obtained. On the other hand since in the case of a complementary filter substantial sensitivity is high and advantageous also in resolving compared with height of the transmitted light

energy to CCD with a primary colors filter a merit when small CCD is used is size. It is good to fulfill conditions below the total thickness  $t_{LPF}$  also about an optical low pass filter which is another filter. (f)  $0.15a < t_{LPF} < 0.45a$  is a horizontal picture element pitch (unit  $\mu m$ ) of an electronic image sensor.

[0060] If an optical low pass filter is made, generally moiré depressor effect decreases and it is not desirable. On the other hand, contrast of a frequency component beyond a Nyquist limit decreases under the influence of diffraction of an imaging lens system as a picture element pitch becomes small and reduction of moiré depressor effect comes to be permitted to some extent. For example, it is known that azimuth angles at the time of projection on the image surface are level ( $= 0$  degree) and that there is moiré depressor effect considerably when using in piles three kinds of filters which have a crystal axis in the direction of  $45^\circ$  respectively for an optical axis direction. That to which a filter in this case can shift only  $\sqrt{1/2} \cdot a$  in  $a$  and the direction of  $45^\circ$  horizontally as specification which becomes the thinnest respectively is known. Filter thickness at this time is about set to  $[1 + 2\sqrt{1/2}] \cdot a / 5.88$  (mm). Here  $\sqrt{\quad}$  is a square root and means a square root. This is specification which makes contrast zero in frequency which is equivalent to a Nyquist limit exactly. Rather than this, if it is made thin about tens of % contrast of several percent thru/or frequency equivalent to a Nyquist limit will come out for a while but \*\*\*\*\* stopped under influence of the above-mentioned diffraction becomes possible.

[0061] It is good to satisfy conditions (f) also including a case where it carries out by filter specifications other than the above, for example, a two-sheet pile and one sheet. If  $0.45a$  of the upper limit is exceeded, an optical low pass filter will be too thick and will become the hindrance of slimming down. Moiré removal will become insufficient if  $0.15a$  of a lower limit is exceeded. However, conditions of  $a$  in a case of carrying this out are 5 micrometers or less.

[0062] Since it is easier to be influenced by diffraction if  $a$  is 4 micrometers or less (f) it is good also as  $0.13a < t_{LPF} < 0.42a$ . According to number of sheets of a horizontal picture element pitch and a low pass filter to pile up it may be performed as follows.

[0063]

(f'') not less than 4 micrometers :  $0.3a < t_{LPF} < 0.4a$  -- three-sheet pile  $a < 5$  micrometers  $0.2a < t_{LPF} < 0.28a$  -- two-sheet pile  $a < 5$  micrometers  $0.1a < t_{LPF} < 0.16a$  -- one sheet  $a < 5$  micrometers. 4 micrometers or less :  $0.25a < t_{LPF} < 0.37a$  -- 3-sheet pile  $a < 4$  micrometers  $0.16a < t_{LPF} < 0.25a$  -- Two-sheet pile  $a < 4$  micrometers  $0.08a < t_{LPF} < 0.14a$  -- One sheet An electronic image sensor with a small  $a < 4$ -micrometer picture element pitch. When using it, image quality deteriorates under influence of the diffraction effect by narrowing down. Therefore, opening size has two or more fixed openings and can insert one of them most into a lens side by the side of an image and an optical path of the 3rd group which it is in any between lens sides by the side of an object most of the 1st group. And it is good to perform light volume regulation as it is considered as an electronic imaging device which can adjust image surface illumination by supposing that it is exchangeable with

other openings and transmissivity to 550 nm differs in some openings in two or more of the openings respectively and it has a medium which is less than 80%. Or when adjusting so that it may become the light volume equivalent to an F value which is set to a (micrometer) / f number  $< 0.4$  it is good to consider it as an electronic imaging device which transmissivity to 550 nm differs in an opening respectively and has less than 80% of medium. For example from an opening value out of the range of the above-mentioned conditions he has no medium or transmissivity to 550 nm considers it as not less than 91% of straw-man medium and it is [ like / a diameter of an aperture diaphragm is not made small so that influence of diffraction comes out and / an ND filter ] good at the time of within the limits to carry out light volume regulation.

[0064] What puts in in an opening an optical low pass filter which makes two or more of the openings what made a path small in inverse proportion to an F value respectively and arranges them and in which frequency characteristics differ instead of an ND filter respectively may be sufficient. Since diffraction degradation becomes large as it narrows down the frequency characteristic of an optical low pass filter is highly set up so that an opening diameter becomes small.

[0065] A device of a mechanical mechanism or a layout is also important for slimming down of an electronic imaging device besides a device of composition of an optical system. Especially a thing for which what is called a collapsing method that stores a lens in a main part when not taking a photograph is adopted is important. In the case of lens constitution of this invention as the mechanism it is good to adopt a method which moves and stores a lens group which evacuated a catoptric light study element which is already in a main part from an optical path to another space in a main part in the object side and has been projected from a main part rather than a catoptric light study element between vacant optical-path absentminded at the time of photography.

[0066] Even if it is except lens constitution adopted as this invention if it is a catoptric light study element for the 1st negative lens group and optical-path bending and an optical system which has the 2nd positive lens group in order from the object side A catoptric light study element is evacuated from an optical path to another space in a main part and a method which moves and stores the 1st lens group between vacant optical-path absentminded can be used.

[0067] It is good at the time of storage of the 1st lens group to make it the 2nd lens group evacuate from a position at the time of photography which is most distant from the image surface to the image side. Since there is a move space for variable power or a focus after the 2nd lens group in order to use it effectively for example at the time of storage at the time of storage it can depress to the image side as much as possible a catoptric light study element can also be moved to the image side depending on necessity and the 2nd group can store the 1st group.

[0068] Since it can be made to evacuate so that a reflector may bend a reflective mirror and it may become vertical to a front optic axis at the time of the storage when especially a catoptric light study element consists of reflective mirrors which gave reflective mirror coating to sheet metal storage of the 1st group is possible

for not needing a retreat space.

[0069]In additionone one-sheet lens other than a catoptric light study element may be toppled at the time of storageor it may move and storage space may be made.

[0070]When it is what only a coat formed prism in solid form and filled up an inside with a fluid etc. and constitutesit is also good to drain an internal fluid and to make it thin.

[0071]The following will become possible if an optical system using a catoptric light study element is used.

[0072]As a most outstanding applicationit is the TTL single lens reflex camera optical system united with a finder of a porro method.

[0073]For examplethe 2nd reflector (time sharing or amplitude splitting is [ anything ] also good) that divides an optical path also into the abbreviated right-angle side to a flat surface including an optic axis before and behind reflection with a catoptric light study element is established between a photographing optical system and an image sensor containing a catoptric light study elementIt is what established the 3rd reflector that has a normal which is in an approximately same flat surfaceand is an abbreviated right angle to a normal of the 2nd reflector along with the reflection sideand established the 4th reflector further so that an optical path after reflection might eject to an optic axis by the side of incidence of the photographing optical systemand abbreviated parallel. This contributes to slimming down of a camera greatly.

[0074]As the 2nd applicationrather than a catoptric light study element and itthe neighborhood of an entrance pupil position of a photographing optical system can be rotated for an optical system by the side of an object to a center of rotationand bearing of the exposure axis can be changed. Or optical blurring amendment is also possible.

[0075]

[Embodiment of the Invention]HereafterExamples 1-12 of the optical-path bending zoom optical system used for the electronic imaging device of this invention are described. The tele edge at the time of the infinite distance object point focus of these examples (a)an intermediate state (b)and the lens sectional view in a wide angle end (c) are shown in drawing 1 - drawing 12respectively. the inside of each figureand the 1st group -- G1 and the one to 1st groups -- G1-1 and the one to 2nd groups -- G1-2 and the 2nd group -- G2 and the 3rd group -- G3 and the 4th group -- G4 and the 5th group -- G5 and optical-path bending prism -- P. As for an aperture diaphragmS and a near-infrared cut-off filter IF and a near-infrared cut coated surface (when independent) ICThe cover glass of CCD whose low pass filters are LF and an electronic image sensor CGI has shown the image surface of CCD and near-infrared cut-off filter IF arranged sequentially from the object sidelow pass filter LFcover glass CG or near-infrared cut coated surface IClow pass filter LFand cover glass CG are placed in a fixed position between the last group and the image surface I.

[0076]As shown in drawing 1the optical-path bending zoom optical system of



Example 11 to 1st group G1-1 which consists of the optical-path bending prism P equivalent to a bi-concave negative lens 1 to 2nd group G1-2 which consist of biconvex plus lenses the 2nd group G2 that consists of an aperture diaphragm and a biconvex plus lens 3rd group G3 which consists of a biconvex plus lens a cemented lens of a bi-concave negative lens and a biconvex plus lens When consisting of the 4th group G4 that is from the negative meniscus lens of a convex on an object side and the 5th group G5 that consists of biconvex plus lenses and carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end 1 \*\* extends the interval of a between the 2nd group G2 and 3rd group G3 move to the object side with slight straitness behind and the 4th group G4 moves to the object side extending an interval with 3rd group G3.

[0077] The aspheric surface is used for the 4th page of the fields by the side of the field by the side of the field by the side of the object of the biconvex plus lens of 1 to 2nd group G1-2 the field by the side of the object of the biconvex plus lens of the 2nd group G2 and the image surface of the negative meniscus lens of the 4th group G4 and the image surface of the biconvex plus lens of the 5th group G5.

[0078] 1 to 1st group G1-1 which consists of the optical-path bending prism P equivalent to a bi-concave negative lens as the optical-path bending zoom optical system of Example 2 is shown in drawing 21 to 2nd group G1-2 which consist of biconvex plus lenses aperture-diaphragm S which moves independently It consists of the 2nd group G2 that is from the negative meniscus lens of a convex on a biconvex plus lens and object side at the positive meniscus lens [ of a convex ] and object side 3rd group G3 which is from the negative meniscus lens of a convex on a biconvex plus lens and image surface side and the 4th group G4 that is from the positive meniscus lens of a convex on an object side When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end the 2nd group G4 and 3rd group G3 move to the object side extending an interval mutually. Aperture-diaphragm S arranged between 1 to 2nd group G1-2 and the 2nd group G4 also moves the interval between 1 to 2nd group G1-2 and the 2nd group G4 to the object side with slight straitness.

[0079] an aspheric surface -- the field by the side of the object of the biconvex plus lens of 1 to 2nd group G1-2 and the 2nd group G2 -- it is most used for the 3rd page of the field by the side of an object and the fields by the side of the object of the positive meniscus lens of the 4th group G4.

[0080] As shown in drawing 3 the optical-path bending zoom optical system of Example 31 to 1st group G1-1 which is from the optical-path bending prism P equivalent to the negative meniscus lens of a convex and a plane-parallel plate on an object side The 2nd group G2 that consists of 1 to 2nd group G1-2 and the aperture diaphragm which consist of a bi-concave negative lens and a biconvex plus lens and a biconvex plus lens 3rd group G3 which is from the negative meniscus lens of a convex on a biconvex plus lens and object side at the negative meniscus lens [ of a convex ] biconvex plus lens and image surface side When consisting of the 4th group G4 that is from the positive meniscus lens of a convex on an image surface side and carrying out variable power to a tele edge from a



wide angle end1 \*\* extends the interval of a between and the 2nd group G2 and 3rd group G3 move it to the object side with slight straitness behind.

[0081]The aspheric surface is used for the field by the side of the object of the biconvex plus lens of 1 to 2nd group G1-2and the 3rd page of 3rd group G3 that is a field by the side of an objectand a field by the side of the object of the positive meniscus lens of the 4th group G4 most.

[0082]As shown in drawing 4the optical-path bending zoom optical system of Example 4The 2nd group G2 that is from the negative meniscus lens of a convex on a 1 to 2nd group G1-2 and aperture diaphragmbiconvex plus lensbiconvex plus lensand object side[ which consist of 1 to 1st group G1-1 which is from the optical-path bending prism P equivalent to the negative meniscus lens of a convex and a plane-parallel plate on an object sidea bi-concave negative lensand a biconvex plus lens ] When consisting of 3rd group G3 which is from the positive meniscus lens of a convex on an object sideand the 4th group G4 that is from the positive meniscus lens of a convex on an image surface side and carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end1 \*\* extends the interval of a between and the 2nd group G2 and 3rd group G3 move it to the object side with slight straitness behind.

[0083]The aspheric surface is used for the 3rd pagethe field by the side of the object of the biconvex plus lens of 1 to 2nd group G1-2the field by the side of the object of the biconvex plus lens after a diaphragm of the 2nd group G2and the field by the side of the object of the positive meniscus lens of the 4th group G4.

[0084]As shown in drawing 5the optical-path bending zoom optical system of Example 5The 1st group G1 that is from the optical-path bending prism P equivalent to the negative meniscus lens of a convexand a plane-parallel plate to the positive meniscus lens [ of a convex ]and object side on an object sidethe 2nd group G2 that consists of an aperture diaphragm and a biconvex plus lens3rd group G3 which consists of a biconvex plus lensa cemented lens of a bi-concave negative lensand a biconvex plus lensWhen consisting of the 4th group G4 that is from the negative meniscus lens of a convex on an object sideand the 5th group G5 that is from the positive meniscus lens of a convex on an object side and carrying out variable power to a tele edge from a wide angle endBy 1 \*\* extending the interval of a betweenas for the 2nd group G2 and 3rd group G3behindwhile 3rd group G3 and the 4th group G4 extend the interval of a between with slight straitnessit moves to the object side and the 5th group G5 moves to the image surface side a little.

[0085]The aspheric surface is used for the 4th page of the fields by the side of the field by the side of the field by the side of the image surface of the biconvex plus lens of the 1st group G1the field by the side of the object of the biconvex plus lens of the 2nd group G2and the image surface of the negative meniscus lens of the 4th group G4and the image surface of the positive meniscus lens of the 5th group G5.

[0086]The 1st group G1 and aperture diaphragm which consist of the optical-path bending prism P equivalent to a biconvex plus lensa bi-concave negative lensand a

plane-parallel plate as the optical-path bending zoom optical system of Example 6 is shown in drawing 6 It consists of the 2nd group G2 that is from the cemented lens of the negative meniscus lens of a convex on a biconvex plus lens and image surface side 3rd group G3 which is from the negative meniscus lens of a convex on an object side and the 4th group G4 that consists of biconvex plus lenses When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end the 2nd group G2 and 3rd group G3 move to the object side extending the interval of a between and the 4th group G4 moves to the object side a little by the looking-far side drawing the locus of a convex on the image surface side.

[0087] an aspheric surface -- the field by the side of the object of the bi-concave negative lens of the 1st group G1 and the 2nd group G2 -- it is most used for the 3rd page of the fields by the side of the field by the side of an object and the image surface of the negative meniscus lens of 3rd group G3.

[0088] 1 to 2nd group G1-2 and the aperture diaphragm which consist of 1 to 1st group G1-1 which is from the optical-path bending prism P equivalent to the negative meniscus lens of a convex and a plane-parallel plate on an object side a bi-concave negative lens and a biconvex plus lens as the optical-path bending zoom optical system of Example 7 is shown in drawing 7 and a biconvex plus lens It consists of the 2nd group G2 that serves as a cemented lens of the negative meniscus lens of a convex from two negative meniscus lenses of a convex at the biconvex plus lens and image surface side at the object side 3rd group G3 which is from the positive meniscus lens of a convex on an image surface side and the 4th group G4 that is from the positive meniscus lens of a convex on an image surface side When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end 1 \*\* extends the interval of a between and the 2nd group G2 and 3rd group G3 move to the object side with slight straitness behind.

[0089] an aspheric surface -- the field by the side of the image surface of the negative meniscus lens of 1 to 1st group G1-1 and the 2nd group G2 -- it is most used for the 3rd page of the field by the side of an object and the fields by the side of the object of the positive meniscus lens of the 4th group G4.

[0090] As shown in drawing 8 the optical-path bending zoom optical system of Example 8 1 to 2nd group G1-2 and the aperture diaphragm which are from the positive meniscus lens of a convex on a 1 to 1st group G1-1 and bi-concave negative lens and object side and a biconvex plus lens [ which are from the optical-path bending prism P equivalent to the negative meniscus lens of a convex and a plane-parallel plate on an object side ] It consists of the 2nd group G2 that consists of a cemented lens of a biconvex plus lens and a bi-concave negative lens 3rd group G3 which is from the positive meniscus lens of a convex on an image surface side and the 4th group G4 that is from the positive meniscus lens of a convex on an image surface side When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end 1 \*\* extends the interval of a between and the 2nd group G2 and 3rd group G3 move to the object side with slight straitness behind.

[0091] an aspheric surface -- the field by the side of the object of the negative meniscus lens of 1 to 1st group G1-1 and the 2nd group G2 -- it is most used for

the 3rd page of the fields by the side of the field by the side of an object and the image surface of the positive meniscus lens of the 4th group G4.

[0092]As shown in drawing 9 the optical-path bending zoom optical system of Example 9. The 2nd group G2 that is from 1 to 2nd group G1-2 and the aperture diaphragm which are from the positive meniscus lens of a convex on a negative meniscus lens [ of a convex ] and object side and a biconvex plus lens on a 1 to 1st group G1-1 which is from optical-path bending prism P equivalent to negative meniscus lens [ of a convex ] and plane-parallel plate on object side and object side. It consists of 3rd group G3 which is from the negative meniscus lens of a convex and the cemented lens of a biconvex plus lens and a bi-concave negative lens on a biconvex plus lens and object side and the 4th group G4 that is from the positive meniscus lens of a convex on an image surface side. When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end 1 \*\* extends the interval of a between and the 2nd group G2 and 3rd group G3 move to the object side with slight straitness a little behind.

[0093]an aspheric surface -- the field by the side of the image surface of the negative meniscus lens of 1 to 2nd group G1-2 and the 3rd group G2 -- it is most used for the 3rd page of the field by the side of an object and the fields by the side of the object of the positive meniscus lens of the 4th group G4.

[0094]As shown in drawing 10 the optical-path bending zoom optical system of Example 10. 1 to 2nd group G1-2 and the aperture diaphragm which are from the positive meniscus lens of a convex on a negative meniscus lens [ of a convex ] and object side at the 1 to 1st group G1-1 which is from optical-path bending prism P equivalent to negative meniscus lens [ of a convex ] and plane-parallel plate on object side and object side. At the positive meniscus lens [ of a convex ] and object side to the 2nd group [ that is from the cemented lens of the negative meniscus lens of a convex on a biconvex plus lens and image surface side ] G2 and object side. The negative meniscus lens of a convex. When consisting of 3rd group G3 which consists of a cemented lens of a biconvex plus lens and a bi-concave negative lens and the 4th group G4 that is from the positive meniscus lens of a convex on an image surface side and carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end 1 \*\* extends the interval of a between and the 2nd group G2 and 3rd group G3 move it to the object side with slight straitness behind.

[0095]an aspheric surface -- the field by the side of the image surface of the negative meniscus lens of 1 to 2nd group G1-2 and the 3rd group G2 -- it is most used for the 3rd page of the field by the side of an object and the fields by the side of the object of the positive meniscus lens of the 4th group G4.

[0096]As shown in drawing 11 the optical-path bending zoom optical system of Example 11. 1 to 2nd group G1-2 and the aperture diaphragm which are from the positive meniscus lens of a convex on a negative meniscus lens [ of a convex ] and object side at the 1 to 1st group G1-1 which is from optical-path bending prism P equivalent to negative meniscus lens [ of a convex ] and plane-parallel plate on object side and object side. To the 2nd group [ that is from the cemented lens of the negative meniscus lens of a convex on a biconvex plus lens and image surface

side ] G2 and object side the positive meniscus lens of a convex When consisting of 3rd group G3 which consists of a cemented lens of a convex–plano positive lens and a \*\*\*\* negative lens and the 4th group G4 that consists of biconvex plus lenses and carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end 3rd group G3 extends 1 \*\* and the 2nd group G2 moves the interval of a between to the object side with slight straitness behind.

[0097] The aspheric surface is used for the 3rd page of the fields by the side of the field by the side of the image surface of the negative meniscus lens of 1 to 2nd group G1–2 the field by the side of the object of the positive meniscus lens of 3rd group G3 and the image surface of the biconvex plus lens of the 4th group G4.

[0098] As shown in drawing 12 the optical–path bending zoom optical system of Example 121 to 1st group G1–1 which consists of the optical–path bending prism P equivalent to a concave–flat negative lens 1 to 2nd group G1–2 which are from the cemented lens of the positive meniscus lens of concave on an object side at the negative meniscus lens [ of concave ] and object side and an aperture diaphragm It consists of 3rd group G3 which consists of a biconvex plus lens and the 2nd group G2 that is from the cemented lens of the negative meniscus lens of a convex on a positive meniscus lens [ of a convex ] and object side at the object side and a biconvex plus lens and the 4th group G4 that is from the positive meniscus lens of a convex on an image surface side When carrying out variable power to a tele edge from a wide angle end 1 \*\* extends the interval of a between and the 2nd group G2 and 3rd group G3 move to the object side with slight straitness behind.

[0099] an aspheric surface — the field by the side of the object of the optical–path bending prism P of 1 to 1st group G1–1 and the 2nd group G2 — it is most used for the 3rd page of the fields by the side of the field by the side of an object and the image surface of the positive meniscus lens of the 4th group G4.

[0100] Although the digital data of each above–mentioned example is shown below A field angle and  $F_{NO}$  of a whole system focal distance and 2 omega outside the above [ a sign ] The f number As for a wide angle end and ST a tele edge  $r_1$  and  $r_2$  — for WE an intermediate state and TE The curvature radius of each lens side As for  $d_1$  and  $d_2$  — the refractive index of d line of each lens  $n_{d1}$  and  $n_{d2}$  — of the interval between each lens side  $n_{d1}$  and  $n_{d2}$  — are the Abbe numbers of each lens. Aspherical surface shape uses x as the optic axis which made the direction of movement of light positive and when y is taken in the direction which intersects perpendicularly with an optic axis it is expressed with the following formula.

[0101]  $1 + \{1 - (K+1) (y/r)^2\}^{1/x = (y^2/r)/[2]} + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$  — however As for a paraxial curvature radius and K a constant of the cone  $A_4$ ,  $A_6$ ,  $A_8$  and  $A_{10}$  of r are the 4th aspheric surface coefficients [ 6th / 8th / 10th ] respectively.

[0102]

Example 1  $r_1 = -26.8147$ .  $d_1 = 3.8000$   $n_{d1} = 1.73400$   $n_{u_{d1}} = 51.47$   $r_2 = \text{infinity}$  (reflector)  $d_2 = 3.2000$   $n_{d2} = 1.73400$   $n_{u_{d2}} = 51.47$ .  $r_3 = 6.2254$   $d_3 = 1.7202$   $r_4 = 424.9864$  (aspheric surface).  $d_4 = 2.4297$   $n_{d3} = 1.84666$   $n_{u_{d3}} = 23.78$   $r_5 = -48.1247$   $d_5 = \text{(variable)}$   $r_6 = \text{infinity}$  (diaphragm)  $d_6 = 0.5000$ .  $r_7 = 17.8731$  (aspheric surface).  $d_7 = 2.0000$   $n_{d4} = 1.58913$



$nu_{d4}=61.26$   $r_8=-16.6911$   $d_8=(\text{variable})$   $r_9=7.9903$   $d_9=6.2379$   $n_{d5}=1.48749$   $nu_{d5}=70.23$   
 $r_{10}=-14.7007$   $d_{10}=0.8488$   $n_{d6}=1.84666$   $nu_{d6}=23.78$   $r_{11}=7.0178$   $d_{11}=1.1903$   $r_{12}=11.2307$   
 $d_{12}=1.6307$   $n_{d7}=1.84666$   $nu_{d7}=23.78$   $r_{13}=-24.5400$   $d_{13}=(\text{variable})$   $r_{14}=18.1763$   $d_{14}=0.5000$   
 $n_{d8}=1.84666$   $nu_{d8}=23.78$   $r_{15}=5.9110$  (aspheric surface)  $d_{15}=(\text{Variable})$   $r_{16}=14.1876$   $d_{16}=3.0000$   
 $n_{d9}=1.58913$   $nu_{d9}=61.26$   $r_{17}=-7.1178$  (aspheric surface)  $d_{17}=0.5006$   $r_{18}=\text{infinity}$   $d_{18}=0.8000$   
 $n_{d10}=1.51633$   $nu_{d10}=64.14$   $r_{19}=\text{infinity}$   $d_{19}=1.8000$   $n_{d11}=1.54771$   $nu_{d11}=62.84$   $r_{20}=\text{infinity}$   $d_{20}=0.5000$   $r_{21}=\text{infinity}$   $d_{21}=0.5000$  n.  
 $d_{12}=1.51633$   $nu_{d12}=64.14$   $r_{22}=\text{infinity}$   $d_{22}=1.1914$   $r_{23}=\text{infinity}$  (image surface) The 4th page of aspheric surface coefficient  $K=0.0195$   $A_4=5.4111 \times 10^{-4}$   $A_6=2.1984 \times 10^{-6}$   
 $A_8=4.5957$  The 7th page of  $\times 10^{-7} A_{10}=-1.0754 \times 10^{-8}$   $K=5.8821$   $A_4=-2.7575 \times 10^{-4}$   $A_6=5.8194 \times 10^{-6}$   
 $A_8=-7.9649 \times 10^{-7}$   $A_{10}=3.4848$  The 15th page of  $\times 10^{-8} K=-3.6043$  The 17th page of  $A_4=2.6150 \times 10^{-3}$   $A_6=-8.5623 \times 10^{-6}$   $A_8=-2.8972 \times 10^{-6}$   $A_{10}=1.5174 \times 10^{-7}$   
 $K=[0.8882]$   $A_4=1.1140 \times 10^{-3}$   $A_6=-8.5962 \times 10^{-6}$   $A_8=3.9677 \times 10^{-7}$   $A_{10}=3.1086 \times 10^{-8}$  zoom data (infinity)

WE ST TEf (mm) 4.59000 8.95000 13.23000  $F_{NO}$  2.8316 3.8724 4.64382 omega (degree) 65.5 34.0 23.0  $d_5$  12.93741 5.34873 2.00000  $d_8$  2.61607 2.85689 0.50000  $d_{13}$  1.09671 5.22639 10.38165  $d_{15}$  1.00016 4.21405 4.71724.

[0103]

Example  $2r_1=-129.7294$   $d_1=4.5500$   $n_{d1}=1.80400$   $nu_{d1}=46.57$   $r_2=\text{infinity}$  (reflector)  $d_2=4.0019$   $n_{d2}=1.80400$   $nu_{d2}=46.57$   $r_3=5.3898$   $d_3=1.6465$   $r_4=30.0332$  (aspheric surface)  $d_4=1.4609$   $n_{d3}=1.84666$   $nu_{d3}=23.78$   $r_5=-35.8611$   $d_5=(\text{variable})$   $r_6=\text{infinity}$  (diaphragm)  $d_6=(\text{variable})$   $r_7=9.6063$  (aspheric surface)  $d_7=2.7296$   $n_{d4}=1.48749$   $nu_{d4}=70.23$   $r_8=-30.8421$   $d_8=0.1469$   $r_9=10.1172$   $d_9=2.1277$   $n_{d5}=1.69680$   $nu_{d5}=55.53$   $r_{10}=97.1974$   $d_{10}=0.0500$   $r_{11}=12.1982$   $d_{11}=0.7949$   $n_{d6}=1.84666$   $nu_{d6}=23.78$   $r_{12}=5.7271$   $d_{12}=(\text{variable})$   $r_{13}=14.2960$   $d_{13}=4.0342$   $n_{d7}=1.48749$   $nu_{d7}=70.23$   $r_{14}=-15.7323$   $d_{14}=0.1401$   $r_{15}=-18.5671$   $d_{15}=1.1241$   $n_{d8}=1.84666$   $nu_{d8}=23.78$   $r_{16}=-29.8834$   $d_{16}=(\text{variable})$   $r_{17}=46.3841$  (aspheric surface)  $d_{17}=1.1752$   $n_{d9}=1.58913$   $nu_{d9}=61.26$   $r_{18}=541.6142$   $d_{18}=0.4453$   $r_{19}=\text{infinity}$   $d_{19}=0.8000$   $n_{d10}=1.51633$   $nu_{d10}=64.14$   $r_{20}=\text{infinity}$   $d_{20}=1.8000$   $n_{d11}=1.54771$   $nu_{d11}=62.84$   $r_{21}=\text{infinity}$   $d_{21}=0.5000$   $r_{22}=\text{infinity}$   $d_{22}=0.5000$   $n_{d12}=1.51633$   $nu_{d12}=64.14$   $r_{23}=\text{infinity}$   $d_{23}=1.2588$   $r_{24}=\text{infinity}$  (image surface) Aspheric surface coefficient The 4th page  $K=42.6072$   $A_4=4.5281 \times 10^{-4}$   $A_6=-1.2752 \times 10^{-6}$   $A_8=2.9327 \times 10^{-7}$   $A_{10}=0$  The 7th page  $K=0$   $A_4=-2.9136 \times 10^{-4}$   $A_6=-7.7511 \times 10^{-7}$   $A_8=2.4221 \times 10^{-8}$   $A_{10}=0$  The 17th page  $K=0$   $A_4=-8.0585 \times 10^{-4}$   $A_6=1.7583 \times 10^{-5}$   $A_8=-1.1309 \times 10^{-6}$   $A_{10}=0$  zoom data (infinity)

WE ST TEf (mm) 4.71141 7.84455 13.21508  $F_{NO}$  2.8000 3.6612 5.06502 omega (degree) 67.8 41.2 24.8  $d_6$  7.09024 5.59391 1.24849  $d_{12}$  3.08267 9.70509 10.04403  $d_{16}$  0.98577 1.28696 8.72623.

[0104]

Example  $3r_1=22.0799$   $d_1=0.7823$   $n_{d1}=1.80400$   $nu_{d1}=46.57$   $r_2=7.0105$   $d_2=1.1905$   $r_3=\text{infinity}$   $d_3=3.8000$   $n_{d2}=1.80400$   $nu_{d2}=46.57$   $r_4=\text{infinity}$  (reflector)  $d_4=3.4483$   $n_{d3}=1.80400$   $nu_{d3}=46.57$   $r_5=\text{infinity}$   $d_5=0.4000$   $r_6=-43.4610$   $d_6=0.7742$   $n_{d4}=1.77250$   $nu_{d4}=49.60$   $r_7=9.6384$   $d_7=0.6369$   $r_8=19.1908$  (aspheric surface)  $d_8=1.6810$   $n_{d5}=1.84666$   $nu_{d5}=23.78$   $r_9=-40.1274$   $d_9=(\text{variable})$   $r_{10}=\text{infinity}$  (diaphragm)  $d_{10}=0.5000$   $r_{11}=85.1662$   $d_{11}=1.5117$   $n_{d6}=1.58913$   $nu_{d6}=61.26$   $r_{12}=-18.3807$   $d_{12}=$



(variable).  $r_{13}= 5.5347$  (aspheric surface).  $d_{13}= 2.9473$   $n_{d7}=1.48749$   $nu_{d7}=70.23$   $r_{14}=-102.8346$   $d_{14}= 0.1500$   $r_{15}= 68.5128$   $d_{15}= 3.4582$   $n_{d8}=1.84666$ .  $nu_{d8}=23.78$   $r_{16}= 5.6774$   $d_{16}= 2.1376$ .  $r_{17}= 7.8453$   $d_{17}= 2.3148$   $n_{d9}=1.60542$ .  $nu_{d9}=45.99$   $r_{18}= -12.6010$   $d_{18}= 0.5441$ .  $r_{19}=-6.0465$   $d_{19}= 0.7255$   $n_{d10}=1.61800$ .  $nu_{d10}=63.33$   $r_{20}=-17.9513$   $d_{20}=$  (variable)  $d_{21}= 1.4117$   $n_{d11}=1.58913$   $nu_{d11}=61.26$   $r_{22}=-9.8048$ .  $d_{22}= 0.5599$   $r_{23}=$  infinity  $d_{23}= 0.8000$   $n_{d12}=1.51633$   $nu_{d12}=64.14$   $r_{24}=$  infinity  $d_{24}= 1.8000$   $n_{d13}=1.54771$   $nu_{d13}=62.84$   $r_{25}=$  infinity  $d_{25}= 0.5000$   $r_{26}=$  infinity  $d_{26}= 0.5000$   $n_{d14}=1.51633$   $nu_{d14}=64.14$   $r_{27}=$  infinity  $d_{27}= 1.3641$   $r_{28}=$  infinity (image surface) Aspheric surface coefficient The 8th page .  $K = 1.5876$   $A_4= 2.6616 \times 10^{-4}$   $A_6= 3.3939 \times 10^{-6}$   $A_8=-1.0023 \times 10^{-7}$   $A_{10}= 0$  -- the 13th page .  $K = 0$   $A_4=-2.7230 \times 10^{-4}$   $A_6=-5.7432 \times 10^{-6}$   $A_8=-3.4301 \times 10^{-7}$   $A_{10}= 0$  The 21st page  $K = 0$   $A_4=-8.9975 \times 10^{-4}$   $A_6=-1.8358 \times 10^{-5}$   $A_8= 1.4143 \times 10^{-6}$   $A_{10}= 0$  zoom data (infinity) WE ST TEf (mm) 4.60758. 7.85021 13.40785  $F_{No}$  2.8000 3.4489 4.61872 omega (degree) 65.3 39.0 22.9  $d_9$  14.75212 6.67783 2.00000  $d_{12}$  0.67500. 4.26744 1.54139  $d_{20}$  1.35767 6.03580 13.51290.

[0105]

Example 4  $r_1= 29.0184$ .  $d_1= 0.7437$   $n_{d1}=1.80400$   $nu_{d1}=46.57$   $r_2= 7.3275$   $d_2= 1.3049$   $r_3=$  infinity  $d_3= 4.0000$   $n_{d2}=1.80400$ .  $nu_{d2}=46.57$   $r_4=$  infinity (reflector)  $d_4= 3.5133$ .  $n_{d3}=1.80400$   $nu_{d3}=46.57$   $r_5=$  infinity  $d_5= 0.3000$   $r_6=-31.2038$   $d_6= 0.7673$   $n_{d4}=1.80400$ .  $nu_{d4}=46.57$   $r_7= 15.2085$   $d_7= 1.5760$ .  $r_8= 33.1818$  (aspheric surface).  $d_8= 1.5628$   $n_{d5}=1.84666$   $nu_{d5}=23.78$   $r_9=-29.4113$   $d_9=$  (variable)  $r_{10}=$  infinity (diaphragm)  $d_{10}= 0.5000$ .  $r_{11}= 20.3172$  (aspheric surface)  $d_{11}= 1.9876$   $n_{d6}= 1.58913$   $nu_{d6}=61.26$ .  $r_{12}=-14.3558$   $d_{12}= 0.1387$   $r_{13}= 7.0863$ .  $d_{13}= 2.5021$   $n_{d7}=1.48749$   $nu_{d7}=70.23$   $r_{14}=-521.1337$   $d_{14}= 0.0001$   $r_{15}= 217.6721$   $d_{15}= 5.9501$   $n_{d8}=1.84666$ .  $nu_{d8}=23.78$   $r_{16}= 4.5340$   $d_{16}=$  (variable).  $r_{17}= 10.1062$   $d_{17}= 1.8686$   $n_{d9}=1.60300$ .  $nu_{d9}=65.44$   $r_{18}= 46.5940$   $d_{18}=$  (variable).  $r_{19}=-22.5387$  (aspheric surface).  $d_{19}= 2.3721$   $n_{d10}=1.58913$   $nu_{d10}=61.26$   $r_{20}=-5.8538$   $d_{20}= 0.4297$   $r_{21}=$  infinity  $d_{21}= 0.8000$   $n_{d11}=1.51633$   $nu_{d11}=64.14$   $r_{22}=$  infinity  $d_{22}= 0.8000$   $n_{d12}=1.54771$ .  $nu_{d12}=62.84$   $r_{23}=$  infinity  $d_{23}= 0.5000$   $r_{24}=$  infinity  $d_{24}= 0.5000$   $n_{d13}=1.51633$   $nu_{d13}=64.14$   $r_{25}=$  infinity  $d_{25}= 1.3824$   $r_{27}=$  infinity (image surface) Aspheric surface coefficient The 8th page .  $K = 1.9221$   $A_4= 1.0674 \times 10^{-4}$   $A_6= 7.5509 \times 10^{-7}$   $A_8=-6.9692 \times 10^{-8}$   $A_{10}= 0$  -- the 11th page .  $K = 0$   $A_4=-1.4582 \times 10^{-4}$   $A_6= 4.2034 \times 10^{-8}$   $A_8= 1.1204 \times 10^{-8}$   $A_{10}= 0$  The 19th page  $K = 0$   $A_4=-1.8514 \times 10^{-3}$   $A_6= 6.5803 \times 10^{-6}$   $A_8=-9.0686 \times 10^{-7}$   $A_{10}= 0$  zoom data (infinity) WE ST TEf (mm) 4.65117. 7.85007 13.29161  $F_{No}$  2.5000 3.4944 4.83372 omega (degree) 68.4 41.7 24.7  $d_9$  13.35295 7.17214 2.00000  $d_{16}$  1.22323. 4.89168 2.01917  $d_{18}$  0.94992 3.89804 12.56077.

[0106]

Example 5  $r_1= 15.9959$ .  $d_1= 2.0000$   $n_{d1}=1.84666$   $nu_{d1}=23.78$   $r_2= 17.9366$  (aspheric surface)  $d_2= 0.8000$   $r_3= 122.3665$   $d_3= 1.0000$   $n_{d2}=1.72916$ .  $nu_{d2}=54.68$   $r_4= 6.1500$   $d_4= 1.9000$ .  $r_5=$  infinity  $d_5= 4.1000$ .  $n_{d3}=1.56883$   $nu_{d3}=56.36$   $r_6=$  infinity (reflector)  $d_6= 3.9000$   $n_{d4}=1.56883$   $nu_{d4}=56.36$   $r_7=$  infinity  $d_7=$  (Variable)  $r_8=$  infinity (diaphragm)  $d_8= 0.5928$   $r_9= 14.1418$  (aspheric surface).  $d_9= 3.0000$   $n_{d5}=1.80610$   $nu_{d5}=40.92$   $r_{10}=-138.1914$   $d_{10}=$  (variable)  $r_{11}= 9.2691$   $d_{11}= 3.2000$   $n_{d6}= 1.48749$   $nu_{d6}=70.23$ .  $r_{12}=-18.4588$   $d_{12}= 1.0064$   $n_{d7}=1.84666$ .  $nu_{d7}=23.78$   $r_{13}= 7.4386$   $d_{13}= 0.5000$ .  $r_{14}= 9.1725$   $d_{14}=$

2.4000  $n_{d8}=1.80518$ .  $nu_{d8}=25.42$   $r_{15}=-16.4170$   $d_{15}=(\text{variable})$ .  $r_{16}=44.6119$   $d_{16}=$   
0.8000  $n_{d9}=1.84666$ .  $nu_{d9}=23.78$   $r_{17}=8.9511$  (aspheric surface)  $d_{17}=(\text{Variable})$   $r_{18}=$   
11.2550.  $d_{18}=2.6000$   $n_{d10}=1.58913$   $nu_{d10}=61.26$   $r_{19}=673.2282$  (aspheric surface)  $d_{19}=$   
(variable)  $r_{20}=\text{infinity}$   $d_{20}=1.5000$   $n_{d11}=1.51633$   $nu_{d11}=64.14$   $r_{21}=\text{infinity}$   $d_{21}=1.4400$   $n_{d12}=1.54771$   $nu_{d12}=62.84$   $r_{22}=\text{infinity}$   $d_{22}=0.8000$   $r_{23}=\text{infinity}$   $d_{23}=0.8000$   $n_{d13}=1.51633$ .  
 $nu_{d13}=64.14$   $r_{24}=\text{infinity}$   $d_{24}=1.0000$   $r_{25}=\text{infinity}$  (image surface) Aspheric surface  
coefficient The 2nd page  $K=0$   $A_4=-2.1855 \times 10^{-4}$   $A_6=3.4923 \times 10^{-7}$   $A_8=0$   $A_{10}=0$   
The 9th page  $K=5.1530$   $A_4=-2.4340 \times 10^{-4}$   $A_6=-7.4872 \times 10^{-6}$   $A_8=2.0515 \times 10^{-7}$   
 $A_{10}=-1.0188$ . The 17th page of  $\times 10^{-8}$   $K=-3.7152$ . The 19th page of  $A_4=1.2209 \times 10^{-3}$   
 $A_6=-1.7576 \times 10^{-5}$   $A_8=2.5810 \times 10^{-6}$   $A_{10}=-1.2193 \times 10^{-7}$   $K=[1.4583]$   $A_4=-1.5578$   
 $\times 10^{-4}$   $A_6=-1.1072 \times 10^{-5}$   $A_8=5.6481 \times 10^{-7}$   $A_{10}=-8.6742 \times 10^{-9}$  zoom data (infinity)  
WE ST TEf (mm) 5.43000. 10.61200 15.80000  $F_{NO}2.7116$  3.7726 4.52932 omega  
(degree) 63.5 35.7 24.5  $d_713.12435$  4.47821 0.50000  $d_{10}0.81880$ . 1.71785 0.50000  
 $d_{15}0.60000$  2.00387 4.09707  $d_{17}1.40000$  8.20925 11.93740  $d_{19}2.71758$  2.25155  
1.62627.

[0107]

Example 6  $r_1=49.3427$ .  $d_1=2.0000$   $n_{d1}=1.84666$   $nu_{d1}=23.78$   $r_2=-115.4656$   $d_2=0.4000$   
 $r_3=-52.5304$  (aspheric surface)  $d_3=1.0000$   $n_{d2}=1.69350$ .  $nu_{d2}=53.21$   $r_4=5.8428$   $d_4=$   
1.8000  $r_5=\text{infinity}$   $d_5=4.0000$   $n_{d3}=1.56883$   $nu_{d3}=56.36$   $r_6=\text{infinity}$  (reflector)  $d_6=$   
3.8000  $n_{d4}=1.56883$   $nu_{d4}=56.36$ .  $r_7=\text{infinity}$   $d_7=(\text{variable})$ .  $r_8=\text{infinity}$  (diaphragm)  $d_8=$   
0.6000  $r_9=8.0295$  (aspheric surface).  $d_9=2.8000$   $n_{d5}=1.69350$   $nu_{d5}=53.21$   $r_{10}=-5.9145$   
 $d_{10}=0.8000$   $n_{d6}=1.80440$   $nu_{d6}=39.59$   $r_{11}=-12.3640$   $d_{11}=r(\text{variable})$   $d_{12}=26.8805$   $d_{12}=$   
0.8000  $n_{d7}=1.84666$   $nu_{d7}=23.78$   $r_{13}=7.1849$  (aspheric surface).  $d_{13}=(\text{variable})$   $r_{14}=$   
10.7803  $d_{14}=3.1000$ .  $n_{d8}=1.48749$   $nu_{d8}=70.23$   $r_{15}=-52.9481$   $d_{15}=(\text{variable})$   $r_{16}=\text{infinity}$   
 $d_{16}=1.5000$   $n_{d9}=1.51633$ .  $nu_{d9}=64.14$   $r_{17}=\text{infinity}$   $d_{17}=1.4400$   $n_{d10}=1.54771$   
 $nu_{d10}=62.84$   $r_{18}=\text{infinity}$   $d_{18}=0.8000$   $r_{19}=\text{infinity}$   $d_{19}=0.8000$ .  $n_{d11}=1.51633$   $nu_{d11}=64.14$   
 $r_{20}=\text{infinity}$   $d_{20}=1.0000$   $r_{21}=\text{infinity}$  (image surface)  $K=0$   $A_4=2.6048 \times 10^{-4}$   $A_{\text{Aspheric}}$   
surface coefficient The 3rd page 6  $=-3.2365 \times 10^{-6}$   $A_8=2.2913 \times 10^{-8}$   $A_{10}=0$  The 9th page  $K=0$   
 $A_4=-3.0615 \times 10^{-4}$   $A_6=-2.0330 \times 10^{-6}$   $A_8=-1.0403 \times 10^{-7}$   $A_{10}=0$  -- the 13th page .  $K$   
 $=-3.5241$   $A_4=1.8328 \times 10^{-3}$   $A_6=-1.6164 \times 10^{-5}$   $A_8=3.5495 \times 10^{-6}$   $A_{10}=-1.2410 \times 10^{-7}$   
zoom data (infinity)

WE ST TEf (mm) 5.38001. 8.50001 13.45001  $F_{NO}3.0358$  3.8702 4.56062 omega  
(degree) 65.8 43.8 28.4  $d_711.53527$  6.15290 0.50000  $d_{11}2.10162$ . 2.49863 3.68430  
 $d_{13}3.96820$  9.09478 10.56416  $d_{15}1.75491$  1.61369 4.61155.

[0108]

Example 7  $r_1=21.0760$ .  $d_1=1.4000$   $n_{d1}=1.74320$   $nu_{d1}=49.34$   $r_2=7.9352$  (aspheric  
surface)  $d_2=2.8000$   $r_3=\text{infinity}$   $d_3=6.5000$ .  $n_{d2}=1.56883$   $nu_{d2}=56.36$   $r_4=\text{infinity}$   
(reflector)  $d_4=6.0000$   $n_{d3}=1.56883$   $nu_{d3}=56.36$   $r_5=\text{infinity}$   $d_5=0.8000$   $r_6=-18.8610$ .  
 $d_6=0.8000$   $n_{d4}=1.72916$   $nu_{d4}=54.68$   $r_7=29.7460$   $d_7=0.5273$   $r_8=25.1850$   $d_8=1.9000$ .  
 $n_{d5}=1.84666$   $nu_{d5}=23.78$   $r_9=-121.8149$   $d_9=(\text{variable})$   $r_{10}=\text{infinity}$  (diaphragm)  $d_{10}=$   
0.8000  $r_{11}=11.8772$  (aspheric surface)  $d_{11}=1.9992$   $n_{d6}=1.49700$   $nu_{d6}=81.54$ .  $r_{12}=-$   
22.2117  $d_{12}=0.3000$   $r_{13}=8.0295$ .  $d_{13}=1.9997$   $n_{d7}=1.48749$   $nu_{d7}=70.23$   $r_{14}=-16.2855$   
 $d_{14}=0.7997$   $n_{d8}=1.64769$   $nu_{d8}=33.79$ .  $r_{15}=-52.6732$   $d_{15}=0.3000$   $r_{16}=7.3242$ .  $d_{16}=$   
1.3308  $n_{d9}=1.84666$   $nu_{d9}=23.78$   $r_{17}=4.4772$   $d_{17}=1.2000$   $r_{18}=17.2769$   $d_{18}=1.1317$

$n_{d10}=1.80610$ .  $nu_{d10}=40.92$   $r_{19}=6.2199$   $d_{19}=(\text{variable})$   $r_{20}=9.0812$   $d_{20}=2.0000$   
 $n_{d11}=1.61800$   $nu_{d11}=63.33$   $r_{21}=19.8406$   $d_{21}=(\text{variable})$   $r_{22}=-34.2139$  (aspheric  
 surface).  $d_{22}=2.0000$   $n_{d12}=1.58313$   $nu_{d12}=59.38$   $r_{23}=-9.7728$   $d_{23}=1.0032$   $r_{24}=\text{infinity}$   
 $d_{25}=1.4400$ .  $n_{d13}=1.54771$   $nu_{d13}=62.84$   $r_{25}=\text{infinity}$   $d_{26}=0.8000$   $r_{26}=\text{infinity}$   $d_{27}=0.8000$   
 $n_{d14}=1.51633$ .  $nu_{d14}=64.14$   $r_{27}=\text{infinity}$   $d_{28}=1.0003$   $r_{28}=\text{infinity}$  (image surface)  
 Aspheric surface coefficient The 2nd page  $K=[0]$   $A_4=-9.3483 \times 10^{-5}$   $A_6=1.4787$   
 $\times 10^{-7}$   $A_8=-4.5620 \times 10^{-8}$   $A_{10}=0$  The 11th page  $K=0$   $A_4=-2.6863 \times 10^{-4}$   $A_6=-1.0879$   
 $\times 10^{-7}$   $A_8=3.8711 \times 10^{-9}$   $A_{10}=0$  The 22nd page  $K=0$   $A_4=-4.8081 \times 10^{-4}$   $A_6=5.9535 \times 10^{-6}$   
 $A_8=-1.6767 \times 10^{-7}$   $A_{10}=0$  zoom data (infinity)  
 WE ST TEf (mm) 5.80000. 9.17005 14.49992  $F_{NO}2.6880$  3.4974 4.54022 omega  
 (degree) 60.8 40.1 25.4  $d_914.10553$  7.78994 2.48873  $d_{19}1.54225$ . 5.16705 2.56297  
 $d_{21}2.32790$  5.01801 12.92472.

[0109]

example  $8r_1=16.1825$  (aspheric surface).  $d_1=1.4000$   $n_{d1}=1.80610$   $nu_{d1}=40.92$   $r_2=7.3872$   
 $d_2=3.5000$   $r_3=\text{infinity}$   $d_3=6.5000$   $n_{d2}=1.60311$ .  $nu_{d2}=60.64$   $r_4=\text{infinity}$   
 (reflector)  $d_4=6.0000$ .  $n_{d3}=1.60311$   $nu_{d3}=60.64$   $r_5=\text{infinity}$   $d_5=0.7950$   $r_6=-27.1461$   $d_6=0.8000$   
 $n_{d4}=1.72916$ .  $nu_{d4}=54.68$   $r_7=20.2982$   $d_7=0.5273$ .  $r_8=17.2255$   $d_8=1.9000$   
 $n_{d5}=1.84666$ .  $nu_{d5}=23.78$   $r_9=90.2451$   $d_9=(\text{variable})$   $r_{10}=\text{infinity}$  (diaphragm)  $d_{10}=0.8000$   
 $r_{11}=17.0416$  (aspheric surface)  $d_{11}=1.9965$   $n_{d6}=1.56384$   $nu_{d6}=60.67$ .  $r_{12}=-13.7245$   
 $d_{12}=0.5000$   $r_{13}=5.5039$ .  $d_{13}=3.7857$   $n_{d7}=1.48749$   $nu_{d7}=70.23$   $r_{14}=-38.8943$   
 $d_{14}=0.8000$   $n_{d8}=1.69895$   $nu_{d8}=30.13$ .  $r_{15}=4.2611$   $d_{15}=(\text{Variable})$   $r_{16}=16.8715$ .  $d_{16}=2.0000$   
 $n_{d9}=1.48749$   $nu_{d9}=70.23$   $r_{17}=96.4706$   $d_{17}=(\text{variable})$   $r_{18}=-60.1937$   $d_{18}=2.0000$   
 $n_{d10}=1.56384$ .  $nu_{d10}=60.67$   $r_{19}=-11.5463$  (aspheric surface)  $d_{19}=1.0039$   $r_{20}=\text{infinity}$   
 $d_{20}=1.4400$   $n_{d11}=1.54771$   $nu_{d11}=62.84$   $r_{21}=\text{infinity}$   $d_{21}=0.8000$   $r_{22}=\text{infinity}$   $d_{22}=0.8000$ .  
 $n_{d12}=1.51633$   $nu_{d12}=64.14$   $r_{23}=\text{infinity}$   $d_{23}=1.0021$   $r_{24}=\text{infinity}$  (image surface)  
 Aspheric surface coefficient The 1st page  $K=0$   $A_4=5.1308 \times 10^{-5}$   $A_6=2.3428 \times 10^{-7}$   
 $A_8=-3.7916 \times 10^{-9}$   $A_{10}=7.2819 \times 10^{-11}$  The 11th page of  $K=[0]$  The 19th page of  
 $A_4=-1.6960 \times 10^{-4}$   $A_6=-1.0587 \times 10^{-6}$   $A_8=5.6885 \times 10^{-8}$   $A_{10}=-2.0816 \times 10^{-10}$   $K=0$   $A_4=2.9238$   
 $\times 10^{-4}$   $A_6=-1.4179 \times 10^{-5}$   $A_8=6.7945 \times 10^{-7}$   $A_{10}=-1.6439 \times 10^{-8}$  zoom data  
 (infinity)

WE ST TEf (mm) 5.80001. 9.17026 14.49938  $F_{NO}2.6926$  3.5230 4.51942 omega  
 (degree) 61.1 40.1 25.7  $d_914.09978$  8.00554 2.48873  $d_{15}2.47558$ . 7.50212 3.24411  
 $d_{17}3.07729$  4.13993 13.92316.

[0110]

Example  $9r_1=21.2658$ .  $d_1=1.0000$   $n_{d1}=1.74100$   $nu_{d1}=52.64$   $r_2=8.6245$   $d_2=3.3711$   $r_3=\text{infinity}$   
 $d_3=5.8400$   $n_{d2}=1.80400$ .  $nu_{d2}=46.57$   $r_4=\text{infinity}$  (reflector)  $d_4=5.4952$ .  
 $n_{d3}=1.80400$   $nu_{d3}=46.57$   $r_5=\text{infinity}$   $d_5=0.3221$   $r_6=300.0000$   $d_6=1.0000$   $n_{d4}=1.74320$ .  
 $nu_{d4}=49.34$   $r_7=15.3314$  (aspheric surface)  $d_7=0.5979$   $r_8=15.8974$ .  $d_8=1.4903$   
 $n_{d5}=1.84666$   $nu_{d5}=23.78$   $r_9=43.0822$   $d_9=(\text{variable})$   $r_{10}=\text{infinity}$  (diaphragm)  $d_{10}=0.6000$ .  
 $r_{11}=63.9771$   $d_{11}=1.3913$   $n_{d6}=1.618$ .  $00$   $nu_{d6}=63.33$   $r_{12}=-23.2380$   $d_{12}=(\text{variable})$ .  $r_{13}=7.9674$   
 (aspheric surface).  $d_{13}=2.3478$   $n_{d7}=1.48749$   $nu_{d7}=70.23$   $r_{14}=-68.3182$   $d_{14}=0.1000$   
 $r_{15}=24.3652$   $d_{15}=3.3012$   $n_{d8}=1.84666$ .  $nu_{d8}=23.78$   $r_{16}=7.7880$   $d_{16}=0.2484$ .  $r_{17}=9.2912$   
 $d_{17}=2.1349$   $n_{d9}=1.72916$ .  $nu_{d9}=54.68$   $r_{18}=-19.4929$   $d_{18}=0.7000$ .  $n_{d10}=1.53172$   
 $nu_{d10}=48.84$   $r_{19}=5.2999$   $d_{19}=(\text{variable})$   $r_{20}=-22.5496$  (aspheric surface)  $d_{20}=2.5068$

$n_{d11}=1.58913$ .  $nu_{d11}=61.14$   $r_{21}=-6.5395$   $d_{21}=1.0.000$   $r_{22}=\text{infinity}$   $d_{22}=1.5000$   
 $n_{d12}=1.51633$ .  $nu_{d12}=64.14$   $r_{23}=\text{infinity}$   $d_{23}=1.4400$   $n_{d13}=1.54771$   $nu_{d13}=62.84$   $r_{24}=\text{infinity}$   $d_{24}=0.8000$   $r_{25}=\text{infinity}$   $d_{25}=0.8000$ .  $n_{d14}=1.51633$   $nu_{d14}=64.14$   $r_{26}=\text{infinity}$   $d_{26}=1.0894$   $r_{27}=\text{infinity}$  (image surface) Aspheric surface coefficient The 7th page  $K=0$   
 $A_4=-6.9423 \times 10^{-5}$   $A_6=1.9216 \times 10^{-7}$   $A_8=-2.3395 \times 10^{-8}$   $A_{10}=0$  -- the 13th page  $K=0$   
 $A_4=-2.1881 \times 10^{-4}$   $A_6=-2.0288 \times 10^{-6}$   $A_8=7.6472 \times 10^{-10}$   $A_{10}=0$  -- 20th page  $K=0$   
 $A_4=-1.0095 \times 10^{-3}$   $A_6=3.4022 \times 10^{-8}$   $A_8=-1.7.165 \times 10^{-7}$   $A_{10}=0$  zoom data (infinity)  
 WE ST TEf (mm) 5.52179. 7.96811 15.98093  $F_{NO}2.4770$  2.9873 4.50002 omega  
 (degree) 64.5 44.7 22.7  $d_917.73448$  10.81643 2.00000  $d_{12}1.20000$ . 3.80000 3.50000  
 $d_{19}2.60300$  5.58623 15.86209.

[0111]

Example 10  $r_1=24.8917$ .  $d_1=1.0000$   $n_{d1}=1.74100$   $nu_{d1}=52.64$   $r_2=8.0792$   $d_2=2.3760$   $r_3=\text{infinity}$   $d_3=5.2400$   $n_{d2}=1.80400$ .  $nu_{d2}=46.57$   $r_4=\text{infinity}$  (reflector)  $d_4=5.0006$ .  
 $n_{d3}=1.80400$   $nu_{d3}=46.57$   $r_5=\text{infinity}$   $d_5=0.2922$   $r_6=300.0000$   $d_6=1.0000$   $n_{d4}=1.74320$ .  
 $nu_{d4}=49.34$   $r_7=14.5213$  (aspheric surface)  $d_7=0.1000$   $r_8=14.5896$ .  $d_8=1.7517$   
 $n_{d5}=1.84666$   $nu_{d5}=23.78$   $r_9=64.9869$   $d_9=(\text{variable})$   $r_{10}=\text{infinity}$  (diaphragm)  $d_{10}=0.6000$ .  
 $r_{11}=33.4595$   $d_{11}=1.8985$   $n_{d6}=1.618.00$   $nu_{d6}=63.33$   $r_{12}=-11.1499$   $d_{12}=0.7000$ .  
 $n_{d7}=1.80518$   $nu_{d7}=25.42$   $r_{13}=-20.0542$   $d_{13}=(\text{variable})$   $r_{14}=10.2987$  (aspheric surface)  
 $d_{14}=2.0299$   $n_{d8}=1.48749$ .  $nu_{d8}=70.23$   $r_{15}=18890.0000$   $d_{15}=0.1000$   $r_{16}=19.8062$ .  $d_{16}=4.5045$   
 $n_{d9}=1.84666$   $nu_{d9}=23.78$   $r_{17}=9.7836$   $d_{17}=0.2000$   $r_{18}=11.2175$   $d_{18}=1.7598$   
 $n_{d10}=1.72916$ .  $nu_{d10}=54.68$   $r_{19}=-51.5183$   $d_{19}=0.7000$   $n_{d11}=1.53172$   $nu_{d11}=48.84$   $r_{20}=5.5430$   
 $d_{20}=(\text{variable})$   $d_{r21}=-23.0137$  (aspheric surface)  $d_{21}=1.9685$   $n_{d12}=1.58913$   $nu_{d12}=61.14$   $r_{22}=-7.0933$   
 $d_{22}=1.0000$   $r_{23}=\text{infinity}$   $d_{23}=1.5000$ .  $n_{d13}=1.51633$   $nu_{d13}=64.14$   $r_{24}=\text{infinity}$   $d_{24}=1.4400$   
 $n_{d14}=1.54771$   $nu_{d14}=62.84$   $r_{25}=\text{infinity}$ .  $d_{15}=0.8000$   $r_{26}=\text{infinity}$   $d_{16}=0.8000$   
 $n_{d15}=1.51633$   $nu_{d15}=64.14$   $r_{27}=\text{infinity}$   $d_{17}=1.0106$   $r_{28}=\text{infinity}$  (image surface)  
 Aspheric surface coefficient The 7th page  $K=0$   $A_4=-8.0580 \times 10^{-5}$   $A_6=7.6927 \times 10^{-7}$   
 $A_8=-2.7173 \times 10^{-8}$   $A_{10}=0$  The 14th page  $K=0$   $A_4=-1.1033 \times 10^{-4}$   $A_6=-1.4285 \times 10^{-8}$   
 $A_8=-1.8629 \times 10^{-8}$   $A_{10}=0$  The 21st page  $K=0$   $A_4=-8.5891 \times 10^{-4}$   $A_6=1.0215 \times 10^{-5}$   
 $A_8=-3.2143 \times 10^{-7}$   $A_{10}=0$  zoom data (infinity)  
 WE ST TEf (mm) 5.86879. 9.99877 17.39648  $F_{NO}2.4340$  3.2140 4.50002 omega  
 (degree) 61.4 35.8 21.0  $d_917.88781$  8.41716 2.00000  $d_{13}1.20000$ . 6.81663 3.50000  
 $d_{20}3.14136$  7.01231 16.74709.

[0112]

Example 11  $r_1=41.9739$ .  $d_1=1.2000$   $n_{d1}=1.77250$   $nu_{d1}=49.60$   $r_2=11.1642$   $d_2=2.9000$   
 $r_3=\text{infinity}$   $d_3=6.5000$   $n_{d2}=1.78590$ .  $nu_{d2}=44.20$   $r_4=\text{infinity}$  (reflector)  $d_4=6.0000$ .  
 $n_{d3}=1.78590$   $nu_{d3}=44.20$   $r_5=\text{infinity}$   $d_5=0.3971$   $r_6=28.0000$   $d_6=1.2000$   $n_{d4}=1.74330$ .  
 $nu_{d4}=49.33$   $r_7=11.3578$  (aspheric surface)  $d_7=0.3457$   $r_8=9.4845$ .  $d_8=1.7925$   
 $n_{d5}=1.84666$   $nu_{d5}=23.78$   $r_9=14.2959$   $d_9=(\text{variable})$   $r_{10}=\text{infinity}$  (diaphragm)  $d_{10}=1.0000$ .  
 $r_{11}=47.8757$   $d_{11}=1.9600$   $n_{d6}=1.729.16$   $nu_{d6}=54.68$   $r_{12}=-9.0806$   $d_{12}=0.7000$ .  
 $n_{d7}=1.72825$   $nu_{d7}=28.46$   $r_{13}=-25.4395$   $d_{13}=r(\text{variable})$   $r_{14}=9.1761$  (aspheric surface)  
 $d_{14}=1.9500$   $n_{d8}=1.74330$ .  $nu_{d8}=49.33$   $r_{15}=75.3616$   $d_{15}=0.8461$ .  $r_{16}=24.3002$   $d_{16}=3.8969$   
 $n_{d9}=1.74330$ .  $nu_{d9}=49.33$   $r_{17}=\text{infinity}$   $d_{17}=1.0000$   $n_{d10}=1.72825$   $nu_{d10}=28.46$   $r_{18}=4.8249$   
 $d_{18}=(\text{variable})$   $r_{19}=49.5382$   $d_{19}=2.7500$   $n_{d11}=1.69350$   $nu_{d11}=53.20$   $r_{20}=10.0407$   
 (aspheric surface)  $d_{20}=0.8269$   $r_{21}=\text{infinity}$   $d_{21}=1.4400$   $n_{d12}=1.54771$



$nu_{d12}=62.84$ .  $r_{22}=\text{infinity}$   $d_{22}=0.8000$   $r_{23}=\text{infinity}$   $d_{23}=0.8000$   $n_{d13}=1.51633$ .  
 $nu_{d13}=64.14$   $r_{24}=\text{infinity}$   $d_{24}=1.0447$   $r_{25}=\text{infinity}$  (image surface) The 7th page of  
aspheric surface coefficient  $K = [0]$  The 14th page of  $A_4=2.2504 \times 10^{-5}$   $A_6=$   
 $2.6875 \times 10^{-6}$   $A_8=-1.2962 \times 10^{-7}$   $A_{10}=2.8718 \times 10^{-9}$   $K = [0]$  The 20th page of  $A_4=-$   
 $9.8664 \times 10^{-5}$   $A_6=4.0400 \times 10^{-6}$   $A_8=-4.4986 \times 10^{-7}$   $A_{10}=1.3851 \times 10^{-8}$   $K = [0]$   $A_4=$   
 $5.3089 \times 10^{-4}$   $A_6=-1.6198 \times 10^{-5}$   $A_8=4.4581 \times 10^{-7}$   $A_{10}=-4.9080 \times 10^{-9}$  zoom data  
(infinity)

WE ST TEf (mm) 6.02622. 9.31725 14.28897  $F_{NO}$ 2.7652 3.4888 4.52712 omega  
(degree) 62.4 42.8 28.7  $d_9$ 14.24100 6.97804 2.00694  $d_{13}$ 2.10000. 6.51339 5.34809  
 $d_{18}$ 2.46549 5.31403 11.45279.

[0113]

example 12  $r_1=-14.2761$  (aspheric surface).  $d_1=5.1000$   $n_{d1}=1.50913$   $nu_{d1}=56.20$   $r_2=$   
infinity(reflector)  $d_2=5.7941$   $n_{d2}=1.50913$   $nu_{d2}=56.20$ .  $r_3=\text{infinity}$   $d_3=2.1000$ .  $r_4=-$   
 $6.4892$   $d_4=0.8000$   $n_{d3}=1.64000$ .  $nu_{d3}=60.07$   $r_5=-84.1654$   $d_5=1.1935$ .  $n_{d4}=1.84666$   
 $nu_{d4}=23.78$   $r_6=-16.8306$   $d_6$  (variable)  $r_7=\text{infinity}$  (diaphragm)  $d_7=0.4000$   $r_8=34.9225$   
(aspheric surface).  $d_8=1.4006$   $n_{d5}=1.74330$   $nu_{d5}=49.33$   $r_9=-15.2934$   $d_9=0.1500$   $r_{10}=$   
 $6.1210$   $d_{10}=3.3481$   $n_{d6}=1.61800$   $nu_{d6}=63.33$   $r_{11}=27.4556$   $d_{11}=0.8000$   $n_{d7}=1.84666$ .  
 $nu_{d7}=23.78$   $r_{12}=4.9467$   $d_{12}$  (variable).  $r_{13}=13.6380$   $d_{13}=1.4415$   $n_{d8}=1.51633$ .  
 $nu_{d8}=64.14$   $r_{14}=-143.7586$   $d_{14}$  (variable).  $r_{15}=-19.5436$   $d_{15}=1.3641$   $n_{d9}=1.58913$ .  
 $nu_{d9}=61.25$   $r_{16}=-7.1346$  (aspheric surface)  $d_{16}=0.8000$   $r_{17}=\text{infinity}$   $d_{17}=1.0500$   
 $n_{d10}=1.54771$ .  $nu_{d10}=62.84$   $r_{18}=\text{infinity}$   $d_{18}=0.8000$   $r_{19}=\text{infinity}$   $d_{19}=0.8000$   
 $n_{d11}=1.51633$   $nu_{d11}=64.14$   $r_{20}=\text{infinity}$   $d_{20}=0.9669$   $r_{21}=\text{infinity}$  (image surface) The  
1st page of aspheric surface coefficient  $K=0$   $A_4=3.2165 \times 10^{-4}$   $A_6=-9.1756 \times 10^{-7}$   
 $A_8=4.1788 \times 10^{-9}$   $A_{10}=0.0000$ . The 8th page  $K=0$   $A_4=-1.2083 \times 10^{-4}$   $A_6=1.1516 \times$   
 $10^{-7}$   $A_8=-2.9381 \times 10^{-8}$   $A_{10}=0.0000$ . The 16th page  $K=0$   $A_4=1.3137 \times 10^{-3}$   $A_6=-$   
 $2.0878 \times 10^{-5}$   $A_8=4.9397 \times 10^{-7}$   $A_{10}=0.0000$  Zoom data (infinity)

WE ST TEf (mm) 5.02898. 8.69474 14.52092  $F_{NO}$ 2.6544 3.5217 4.50792 omega  
(degree) 64.8 38.2 22.6  $d_6$ 14.61860 7.39251 1.80000  $d_{12}$ 3.75585. 8.20107 4.39975  
 $d_{14}$ 3.16733 5.96897 15.38987.

[0114]The aberration figure at the time of the infinite distance object point focus  
of the above Examples 1 and 12 is shown in drawing 13 and drawing 14 respectively.  
In these aberration figures spherical aberration SA [ in / (b) can set (a) to a wide  
angle end can be set to an intermediate state and / in (c) / a tele edge ] astigmatic  
AS and distortion aberration DT and chromatic aberration of magnification CC are  
shown.

[0115]Next the value of L and d/L concerning condition (a) - (f) in each above-  
mentioned example  $D_{FT}/f_T M_3/M_2 f_{11}/f_{12}$   $\beta_{Rt}$  and  $t_{LPF}$  is shown.

[0116]

Example L d/L  $D_{FT}/f_T M_3/M_2 f_{11}/f_{12}$  1 5.6 0.72088 0.78471 1.19347 -0.12343 2 6.0  
0.79009. 0.76004 0.53348 -0.32094. 3 5.6 0.71748 0.11496. 0.93206 0.36284 4 6.0.  
0.69413 0.15191 0.92989. 0.20195 5 6.640.76797. 0.25931 The 3rd group is negative.  
0 6 6.64. 0.74877 0.27393 -- the 3rd group -- negative . 0 7 6.64 1.19996 0.17676.  
0.91213 0.37232 8 6.64. 1.17430 0.22374 0.93381. 0.39484 9 6.64 0.94629. 0.21901  
0.85382 0.22917. 10 6.64 0.85491 0.20119 0.85523 0.05553 11 6.64 0.94867 0.37452



0.73366 0.09671 12 6.0 1.20313 0.30301 0.95350 1.26. 698 .

[0117]

Example  $\beta_{Ra}$   $t_{LPF}$  1. -1.6884 3.0 1.80 2 -1.19598. 3.0 1.80 3 -1.49396. 3.0 1.804 -1.26884 3.0. 0.80 5 -1.51672 3.0. 1.55 6 -1.38530 3.0. 1.44 7 -1.26560 3.0. 1.44 8 -1.30121 3.0 1.44 9 -1.05735 3.0 1.44 10 -1.14882 3.0 1.44 11 -0.86588 3.0 1.44 11 -1.36309 2.5 1.20.

[0118] Next the example of the collapsing method of the optical-path bending zoom optical system of this invention is explained. Drawing 15 is the example concretely applied to the optical-path bending zoom optical system (example 9) of drawing 9. In [ drawing 15 (b) is a sectional view including the optical-path bending optic axis in the state (drawing 9 (c)) where the optical-path bending zoom optical system of Example 9 is in a wide angle end and ] this state Two lenses of the 2nd group G2 and the optical-path bending prism P of 1 to 1st group G1-1 are evacuated to the space between 1 to 2nd group G1-2 and the 2nd group G2. The vacant space is made to collapse the negative meniscus lens L1 before the optical-path bending prism P of 1 to 1st group G1-1 and thickness of the optical axis direction (depth direction of a camera) which enters into this optical-path bending zoom optical system is made thin. When the image surface I side has space from the 2nd group G2 it may be made to make it evacuate to the image surface I side not only including the optical-path bending prism P and 1 to 2nd group G1-2 but including 2nd group G2 grade.

[0119] Drawing 16 is a key map of one collapsing method at the time of constituting the catoptric light study element for optical-path bending from the mirror M and pushes down the mirror M on the position of a dashed line and pushes down the lens L2 by the side of the image surface I and L3 on the position of a dashed line from the mirror M. It is made to make thin thickness of the optical axis direction (depth direction of a camera) which enters into this optical-path bending zoom optical system.

[0120] Drawing 17 is a key map of another collapsing method at the time of constituting the catoptric light study element for optical-path bending from the mirror M. It pushes down the mirror M on the position of a dashed line, makes the vacant space collapse the lens group LG by the side of an object from the mirror M and makes thickness thin similarly. The mirror M is not toppled but it may be made to make it evacuate in accordance with the optic axis after bending like drawing 15.

[0121] Drawing 18 constitutes the catoptric light study element for optical-path bending from fluid prism or deformable prism LP gas (drawing 18 (a)). As soon as it can crush like drawing 18 (b) by draining a fluid at the time of storage it can also make it thin and it makes the vacant space collapse the lens group by the side of an object rather than prism LP gas (drawing 17) it can carry out as soon as it topples other lenses (drawing 16) and thickness can also be similarly made thin.

[0122] In the optical-path bending zoom optical system of this invention the catoptric light study element for optical-path bending can also consist of shape variable mirrors. A shape variable mirror is a reflective mirror which gave reflective

mirror coating to the deformable film and it is possible to fold up or to make it evacuate by rolling up.

[0123]When it constitutes the catoptric light study element for optical-path bending from a shape variable mirror it is possible to change a shape variable mirror and to make it also make it focus. The key map is shown in drawing 19. The focus to the object of a short distance is performed by change of only the face shape of shape variable mirror DM by changing into a concave surface as the arrow of the graphic display showed the reflector of plane shape variable mirror DM at the time of an infinite distance focus. In the case of short distance focusing face shape of shape variable mirror DM is made into aspherical surface shape in the significant surface of a reflector. When power is especially given to a reflector the decentration aberration by carrying out eccentricity to it being reflecting surface shape symmetrical with rotation in the reflector and entering occurs. therefore the face shape of shape variable mirror DM -- rotation -- it is desirable to consider it as an unsymmetrical curved surface.

[0124]moreover -- setting besides an axis with eccentricity -- rotation -- an unsymmetrical distortion aberration etc. occur. In order to amend the decentration aberration symmetrical with a field generated with eccentricity it is desirable to transform a flat surface including the optic axis which enters and reflects the face shape of shape variable mirror DM in the reflector of shape variable mirror DM as shown in drawing 20 into the curved surface symmetrical with a field made into the only symmetry plane.

[0125]In the composition of drawing 19 shape variable mirror DM is a flat surface at the time of an infinite distance focus but at the time of the focus to the short-distance object point as shown in drawing 20 the decentration aberration at the time of short distance focusing can be amended by transforming a symmetry plane into the rotation unsymmetrical aspheric surface made only into the 1st page. The miniaturization of the whole electronic imaging device and maintenance of performance are attained by such composition.

[0126]Drawing 21 is the example which performed blurring amendment by carrying out the tilt of the reflector of shape variable mirror DM to an arrow direction. It is a case where blurring is not started in the state of drawing 19 and drawing 21 is in the state which the blurring correcting function which carries out the tilt of the reflector of shape variable mirror DM committed. When an imaging device turns to the bottom like drawing 21 to bearing of the exposure axis as shown in a figure an incident light axis inclines by changing inclination to the reflector of shape variable mirror DM from a dashed line to a real line position. It is desirable to also change the whole face shape of shape variable mirror DM so that change of aberration may be suppressed in that case.

[0127]Power may be given to the reflector of the catoptric light study element for optical-path bending of this invention and the face shape may consist of free sculptured surfaces etc. Or the reflector of a catoptric light study element may consist of HOROGUFIKKU optical elements (HOE).

[0128]When it constitutes the catoptric light study element from the optical-path

bending prism P like Examples 1–12 it may constitute so that the lens and the prism P which are arranged before and behind the optical-path bending prism P may be joined.

[0129] By the way when it constitutes an electronic imaging device like a digital camera using the optical-path bending zoom optical system of this invention an optical path dividing element is arranged between an optical-path bending zoom optical system and an electronic image sensor like CCD and it may be made to divide a photographing optical path into it on a finder light way. The example is shown in drawing 22. Drawing 22 is a front view of the digital camera 40 the optical-path bending zoom optical system in this case consists of the catoptric light study element M1 which bends a 90-degree optical path and lens group LA arranged at that image surface side and CCD 49 of the image sensor is arranged in the image surface. And the optical path dividing element M2 like a half mirror is arranged among the lens groups LA and CCD 49 and an optical path is divided into the abbreviated perpendicular side (a figure on) to a flat surface including the optic axis before and behind reflection with the catoptric light study element M1. Of course the optical path dividing element M2 may be a reflector inserted only when leading light flux to a finder light way. 90 degrees of optical paths reflected by the optical path dividing element M2 are bent by another reflector M3 in a flat surface including the optic axis before and behind reflection by the optical path dividing element M2 and are further bent by 90 degrees of the 4th reflector M4 and an optic axis ejects them to the optic axis and abbreviated parallel which enter into the catoptric light study element M1. In drawing 22 although the eyepiece optical system is not illustrated before and after including the ejection side of the 4th reflector M4 or its reflector M4 an eyepiece optical system is arranged and the observation images of a photographic subject are observed by the eyeball of the observer located in the ejection side of the 4th reflector M4.

[0130] By the way each low pass filter LF of Examples 1–12 consists of three-sheet piles. Of course an above-mentioned example can be variously changed within the limits of composition of having described above such as constituting low pass filter LF from one sheet for example.

[0131] In each above example it has low pass filter LF which gave near-infrared cut-off filter IF or near-infrared cut coated surface IC to the entrance plane side like a graphic display in the image side of the last lens group. This near-infrared cut-off filter IF and near-infrared cut coated surface IC are constituted so that the transmissivity in the wavelength of 700 nm may be 10% or less not less than 80% in the transmissivity in the wavelength of 600 nm. It is a multilayer film which consists of the following lamination of 27 layers concrete for example.

However design wave length is 780 nm.

[0132]

Basis Board Construction material Physical thickness (nm)  $\lambda/4$ . -----  
-----  
The 1st layer aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 58.96. 0.50 The 2nd layer TiO<sub>2</sub> 84.19. 1.00 The 3rd layer SiO<sub>2</sub> 134.14. 1.00 The 4th layer TiO<sub>2</sub> 84.19. 1.00 The 5th layer SiO<sub>2</sub> 134.14. 1.00 The 6th layer TiO<sub>2</sub> 84.19. 1.00 The 7th layer SiO<sub>2</sub> 134.14.

1.00 The 8th layer  $\text{TiO}_2$ 84.19. 1.00 The 9th layer  $\text{SiO}_2$ 134.14. 1.00 The 10th layer  $\text{TiO}_2$ 84.19. 1.00 The 11th layer  $\text{SiO}_2$ 134.14. 1.00 The 12th layer  $\text{TiO}_2$ 84.19. 1.00 The 13th layer  $\text{SiO}_2$ 134.14. 1.00 The 14th layer  $\text{TiO}_2$ 84.19. 1.00 The 15th layer  $\text{SiO}_2$ 178.41  $\text{SiO}_2$ 1.33 The 16th layer  $\text{TiO}_2$ 101.03 1.21 The 17th layer  $\text{SiO}_2$ 167.67 1.25 The 18th layer  $\text{TiO}_2$ 96.82 1.15 The 19th layer 147.55 1.05 The 20th layer  $\text{TiO}_2$ 84.19 1.00 The 21st layer  $\text{SiO}_2$ 160.97 1.20 The 22nd layer  $\text{TiO}_2$ 84.19 1.00 The 23rd layer  $\text{SiO}_2$ 154.26. 1.15 24th layer  $\text{TiO}_2$ 95.13 The 1.13 25th layer  $\text{SiO}_2$ 160.97 1.20 The 26th layer  $\text{TiO}_2$ 99.34 1.18 The 27th layer  $\text{SiO}_2$ 87.19 0.65. -----  
----- sky Mind .

[0133]The transmissivity characteristic of the above-mentioned near-infrared sharp cut coat is as being shown in drawing 23.

[0134]The color reproduction nature of the electronic image is further improved to the projection surface side of low pass filter LF by providing the color filter which low-\*\* the penetration of the color of a short wavelength region as shown in drawing 24 or coating.

[0135]The ratio [ as opposed to the transmissivity of the wavelength with the highest transmissivity on the wavelength of 400 nm – 700 nm by this filter or coating ] of transmissivity with a wavelength of 420 nm is specifically not less than 15%. It is preferred that the ratio of transmissivity with a wavelength of 400 nm to that of the highest wavelength is 6% or less.

[0136]Thereby the gap with the recognition over the color of human being's eyes and the color of the picture picturized and reproduced can be reduced. In other words with human being's vision degradation of the picture by the color by the side of the short wavelength which is hard to be recognized being easily recognized by human being's eyes can be prevented.

[0137]The wavelength which the single wavelength castle which is hard to be recognized by human being's eyes can recognize if the ratio of transmissivity with an above-mentioned wavelength of 400 nm exceeds 6% will be reproduced conversely if the ratio of transmissivity with an above-mentioned wavelength of 420 nm is smaller than 15% reproduction of the wavelength castle which human being can recognize will become low and the balance of a color will worsen.

[0138]In the imaging system which used the complementary color mosaic filter a means to restrict such wavelength takes effect more.

[0139]In each above-mentioned example as shown in drawing 24 transmissivity [ in / for the transmissivity in the wavelength of 400 nm / 0% and 420 nm ] is considered as coating which becomes peak 100% of transmissivity at 440 nm 90%.

[0140]By crossing of an operation with the above mentioned near-infrared sharp cut coat transmissivity [ in / for transmissivity / in / for transmissivity / in / for the transmissivity at 400 nm / 0% and 420 nm / 80% and 600 nm / 82% and 700 nm ] is made into 2% with a peak of 99% of transmissivity with a wavelength of 450 nm. Thereby more faithful color reproduction is performed.

[0141]Low pass filter LF's having the level azimuth angles at the time of projection on the image surface (= 0 degree) and three kinds of filters which have a crystal



axis in the direction of  $\pm 45^\circ$  respectively are used for an optical axis direction in pixels. About each moiré control is performed by shifting only  $\text{SQRT}(1/2) \times a$  in  $x$  and  $y$  directions and the direction of  $\pm 45^\circ$  horizontally respectively. Here SQRT is a square root as mentioned above and means a square root.

[0142] On the imaging surface I of CCD cyanogen magenta yellow and the complementary color mosaic filter that provided the color filter of four colors of green (green) in mosaic shape corresponding to the image pick-up pixel are formed as shown in drawing 25. these four kinds of color filters -- each -- abbreviated -- it is arranged at mosaic shape so that it may become the same number and so that it may not correspond to the kind with same adjacent pixel of color filter. Thereby more faithful color reproduction becomes possible.

[0143] A complementary color mosaic filter specifically comprises at least four kinds of color filters as shown in drawing 25 and as for the characteristic of four kinds of the color filter it is preferred that it is as follows.

[0144] Colored filter G of green has a peak of spectral intensity in wavelength  $G_p$ . It has a peak of spectral intensity in wavelength  $Y_p$  and color filter C of cyanogen has a peak of spectral intensity in wavelength  $C_p$ . color filter M of magenta has a peak in wavelength  $M_{p1}$  and  $M_{p2}$  and color filter  $Y_e$  of yellow satisfies the following conditions.

[0145]  $510 \text{ nm} < G_p < 540 \text{ nm}$ ,  $5 \text{ nm} < Y_p - G_p < 35 \text{ nm}$ ,  $100 \text{ nm} < C_p - G_p < 5 \text{ nm}$ ,  $430 \text{ nm} < M_{p1} < 480 \text{ nm}$ ,  $580 \text{ nm} < M_{p2} < 640 \text{ nm}$  -- further -- green and yellow. The color filter of cyanogen has not less than 80% of intensity on the wavelength of 530 nm to the peak of each spectral intensity and the color filter of magenta has it when having 10 to 50% of intensity on the wavelength of 530 nm to the peak of the spectral intensity improves color reproduction nature. [ more preferred ]

[0146] An example of each wavelength characteristic in each above-mentioned example is shown in drawing 26. Color filter G of green has a peak of spectral intensity in 525 nm. Color filter  $Y_e$  of yellow has a peak of spectral intensity in 555 nm. Colored filter C of cyanogen has a peak of spectral intensity in 510 nm. Color filter M of magenta has a peak in 445 nm and 620 nm. To the peak of each spectral intensity as for G 99%, C considers it as 97% by  $Y_e$  considering it as 95% and M makes 38% each color filter at 530 nm.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] They are a tele edge at the time of the infinite distance object point focus of Example 1 of an optical-path bending zoom optical system used for the electronic imaging device of this invention (a) an intermediate state (b) and a lens sectional view in a wide angle end (c).

[Drawing 2] It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 2.

[Drawing 3] It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 3.



[Drawing 4]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 4.

[Drawing 5]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 5.

[Drawing 6]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 6.

[Drawing 7]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 7.

[Drawing 8]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 8.

[Drawing 9]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 9.

[Drawing 10]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 10.

[Drawing 11]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 11.

[Drawing 12]It is the same lens sectional view as drawing 1 of the optical-path bending zoom optical system of Example 12.

[Drawing 13]It is an aberration figure at the time of the infinite distance object point focus of Example 1.

[Drawing 14]It is an aberration figure at the time of the infinite distance object point focus of Example 12.

[Drawing 15]It is a figure for explaining one example of the collapsing method of the optical-path bending zoom optical system of this invention.

[Drawing 16]It is a key map of one collapsing method at the time of constituting the catoptric light study element for optical-path bending from a mirror.

[Drawing 17]It is a key map of another collapsing method at the time of constituting the catoptric light study element for optical-path bending from a mirror.

[Drawing 18]It is a key map of another collapsing method at the time of constituting the catoptric light study element for optical-path bending from fluid prism or deformable prism.

[Drawing 19]It is a key map of the focus method in the case of constituting the catoptric light study element for optical-path bending from a shape variable mirror.

[Drawing 20]It is a key map for explaining the face shape of a shape variable mirror.

[Drawing 21]It is a key map of the blurring amendment method in the case of constituting the catoptric light study element for optical-path bending from a shape variable mirror.

[Drawing 22]It is a key map of composition of dividing a finder light way from an optical-path bending zoom optical system.

[Drawing 23]It is a figure showing the transmissivity characteristic of an example of a near-infrared sharp cut coat.

[Drawing 24]It is a figure showing the transmissivity characteristic of an example of a color filter provided in the projection surface side of a low pass filter.

[Drawing 25]It is a figure showing color filter arrangement of a complementary color mosaic filter.

[Drawing 26]It is a figure showing an example of the wavelength characteristic of a complementary color mosaic filter.

[Drawing 27]It is a perspective view showing the details of an example of the portion of the brightness diaphragm of each example.

[Drawing 28]It is a figure showing the details of another example of the portion of the brightness diaphragm of each example.

[Drawing 29]It is a front perspective view showing the appearance of the digital camera incorporating the optical-path bending zoom optical system by this invention.

[Drawing 30]It is a back perspective view of the digital camera of drawing 29.

[Drawing 31]It is a sectional view of the digital camera of drawing 29.

[Drawing 32]It is the front perspective view which constructed the optical-path bending zoom optical system by this invention as an objective optical systemand opened covering of the \*\*\*\*\* personal computer.

[Drawing 33]It is a sectional view of the photographing optical system of a personal computer.

[Drawing 34]It is a side view of the state of drawing 32.

[Drawing 35]The optical-path bending zoom optical system by this invention is constructed as an objective optical systemand they are a front view of a \*\*\*\*\* cellular phonea side viewand a sectional view of the photographing optical system.

[Description of Notations]

G1 -- The 1st group

G1-1 -- The one to 1st groups

G1-2 -- The one to 2nd groups

G2 -- The 2nd group

G3 -- The 3rd group

G4 -- The 4th group

G5 -- The 5th group

P -- Optical-path bending prism

S -- aperture diaphragm (when independent)

IF -- Near-infrared cut-off filter

IC -- Near-infrared cut coated surface

LF -- Optical low pass filter

CG -- Cover glass

I -- Image surface

E -- Observer eyeball

L1 -- Negative meniscus lens

M -- Mirror for optical-path bending

L2L3 -- Lens

LG -- Lens group

LP gas -- Fluid prismdeformable prism

DM -- Shape variable mirror

M1 -- Catoptric light study element  
LA -- Lens group  
M2 -- Optical path dividing element  
M3M4 -- Reflector  
1A1B1C1D1E -- Opening  
one -- A -- ' -- one -- B -- ' -- one -- C -- ' -- one -- D -- ' -- one -- E -- '  
-- an opening  
10 -- Turret  
10' -- Turret  
11 -- Axis of rotation  
40 -- Digital camera  
41 -- Photographing optical system  
42 -- Optical path for photography  
43 -- Finder optical system  
44 -- Optical path for finders  
45 -- Shutter  
46 -- Flash plate  
47 -- Liquid-crystal-display monitor  
49 -- CCD  
50 -- Cover member  
51 -- Processing means  
52 -- Recording device  
53 -- Objective optical system for finders  
55 -- Porro  
57 -- Visual field frame  
59 -- Eyepiece optical system  
112 -- Object lens  
113 -- Mirror frame  
114 -- Cover glass  
160 -- Imaging unit  
162 -- Image sensor chip  
166 -- Terminal  
300 -- Personal computer  
301 -- Keyboard  
302 -- Monitor  
303 -- Photographing optical system  
304 -- Photographing optical path  
305 -- Picture  
400 -- Cellular phone  
401 -- Microphone part  
402 -- Loudspeaker part  
403 -- Input dial  
404 -- Monitor  
405 -- Photographing optical system

406 -- Antenna

407 -- Photographing optical path

